Subido por Leazeel

Física

VOLUMEN ÚNICO

José Roberto Bonjorno
Bachiller y licenciado en Física,
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).
Profesor de Matemática y Física.

Regina Azenha Bonjorno
Bachiller y licenciada en Física,
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).
Profesora de Matemática y Física.

Valter Bonjorno
Ingeniero naval,
Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP-SP).

Clinton Marcico Ramos
Bachiller y licenciado en Física,
Universidade Mackenzie (SP).
Profesor de Física.

Raúl Acosta Duarte
Profesor de Física y Química,
Instituto Superior de Educación.

FTD

PRESENTACIÓN

Física es una edición actualizada del libro único de Física y se destina a los alumnos del bachillerato.

Procuramos atender al rigor científico exigido en el tratamiento de la Física, sin volverla inaccesible.

Cada exposición teórica es seguida de problemas de aplicación que complementan y ayudan a evaluar la comprensión del texto.

Intercalamos también problemas propuestos de los más recientes exámenes de ingreso a las universidades, que permiten evaluar el conocimiento del alumno.

Al final de cada parte, recurrimos a los tests de esos exámenes para que el alumno pueda dominar la materia que será exigida en la prosecución de sus estudios.

Esperamos que esta obra sea útil.

LOS AUTORES

ÍNDICE

PARTE A MECÁNICA

Unidad I — Introducción 7

Unidad II — Cinemática

Capítulo 1 — Cinemática Escalar 14

Capítulo 2 — Cinemática Vectorial 53

Capítulo 3 — Movimiento Circular 72

Unidad III — Dinámica

Capítulo 1 — Principios Fundamentales 84

Capítulo 2 — Fuerzas en el Movimiento Circular 114

Capítulo 3 — Gravitación Universal 119

Capítulo 4 — Energía 127

Capítulo 5 — Conservación de la Cantidad de Movimiento 152

Unidad IV — Estática

Capítulo 1 — Equilibrio de un Punto Material 161

Capítulo 2 — Equilibrio de un Cuerpo Rígido 167

Unidad V — Hidrostática

Capítulo 1 — Presión 179

Capítulo 2 — Empuje 193

PARTE B TERMOLOGÍA

Unidad VI — Termometría 216

Unidad VII — Dilatación Térmica 224

Unidad VIII — Calorimetría 232

Unidad IX — Gases 252

Unidad X — Termodinámica 257

Subido por Leazeel

PARTE C
ÓPTICA GEOMÉTRICA

Unidad XI — Principios Fundamentales 274
Unidad XII — Reflexión de la Luz 283
Unidad XIII — Refracción de la Luz 300

PARTE D
ONDULATORIA

Unidad XIV — Ondas 333
Unidad XV — Acústica 346

PARTE E
ELECTRICIDAD

Unidad XVI — Electrostática
Capítulo 1 — Primeros Conceptos 355
Capítulo 2 — Fuerza Eléctrica 364
Capítulo 3 — Campo Eléctrico 367
Capítulo 4 — Trabajo y Potencial Eléctrico 377
Capítulo 5 — Capacidad de un Conductor 390
Capítulo 6 — Capacitores 393

Unidad XVII — Electrodinámica
Capítulo 1 — Corriente Eléctrica 401
Capítulo 2 — Estudio de los Resistores 407
Capítulo 3 — Asociación de Resistores 415
Capítulo 4 — Medidores Eléctricos 424
Capítulo 5 — Generadores y Receptores 430
Capítulo 6 — Circuitos Eléctricos 443

Unidad XVIII — Electromagnetismo 448

GALILEO GALILEI
(1564-1642)

Astrónomo y físico italiano, es considerado como el fundador de la ciencia experimental moderna. Descubrió las leyes de la caída de los cuerpos y la ley que rige el movimiento del péndulo. Enunció el principio de la composición de los movimientos. Perfeccionó instrumentos como el reloj y el telescopio. Sus conclusiones fueron basadas más en observaciones y en los resultados experimentales que en las lógicas deductivas.

ISAAC NEWTON
(1643-1727)

Físico y matemático inglés, fue una de las mayores figuras de la ciencia en todos los tiempos. En física, formuló los tres principios de la mecánica, conocidos como leyes de Newton, y la teoría de la Gravitación Universal. En matemática, creó el cálculo infinitesimal.

En el año 1666 realizó sus descubrimientos más importantes. Interrogado sobre cómo los conseguía, respondió: "Para descubrir todos los fenómenos que se desean, basta que el sabio haga tres cosas: pensar, pensar y pensar".

Parte A

MECÁNICA

ISAAC NEWTON

GALILEU GALILEI

Subido por Leazeel

Unidad I
Introducción

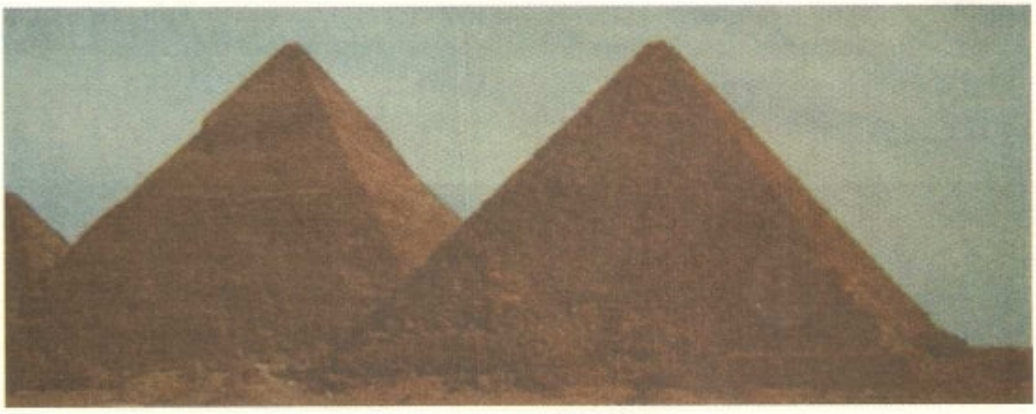
1 Evolución de la Física

Los conocimientos que hoy se tienen sobre el mundo físico resultaron de un largo proceso histórico de experiencias, descubrimientos, aciertos y errores.

En la lucha por la sobrevivencia el hombre fue aprendiendo a conocer la naturaleza y descubrir sus secretos.

Cuando el hombre prehistórico usó una piedra para abrir el cráneo de un animal o hizo un arco para tirar una flecha, él estaba incorporando conocimientos de mecánica.

Los primeiros pueblos civilizados en Mesopotamia y Egipto aprendieron, entre otras cosas, a bombear agua para las plantaciones, a transportar y levantar enormes bloques de piedra para construir monumentos.



Más tarde, con los griegos, nació la Filosofía. Herederos de un largo proceso de desarrollo cultural ocurrido en las regiones próximas al Mediterráneo, ellos intentaron explicar el mundo a través únicamente de la razón. Los conocimientos anteriores a los griegos, que se confundían aún con los mitos y la religión, fueron obtenidos en la tentativa de resolver problemas prácticos.

Los griegos dieron un enorme salto al formular racionalmente los principios explicativos del movimiento, de la constitución de la materia, del peso, del comportamiento del agua, etc.

Como en la sociedad griega todo trabajo físico era realizado por esclavos, los griegos no se preocupaban en resolver problemas prácticos. Valorizaban mucho las ideas y muy poco la experimentación.

La decadencia del Mundo Antiguo y el advenimiento de la Edad Media representaron un enorme estancamiento para la ciencia. Una sociedad básicamente rural, dominada por la religión, y haciendo uso muy restricto de la escritura y de los libros, pocas posibilidades ofrecía al desarrollo científico.

El renacimiento del comercio y de la vida urbana, al final de la Edad Media, creó un ambiente propio para la renovación cultural que lanzó las bases de la ciencia moderna. Fue en ese universo urbano en formación que vivió, en el siglo XVI, el personaje símbolo de esa ciencia: Galileo Galilei.

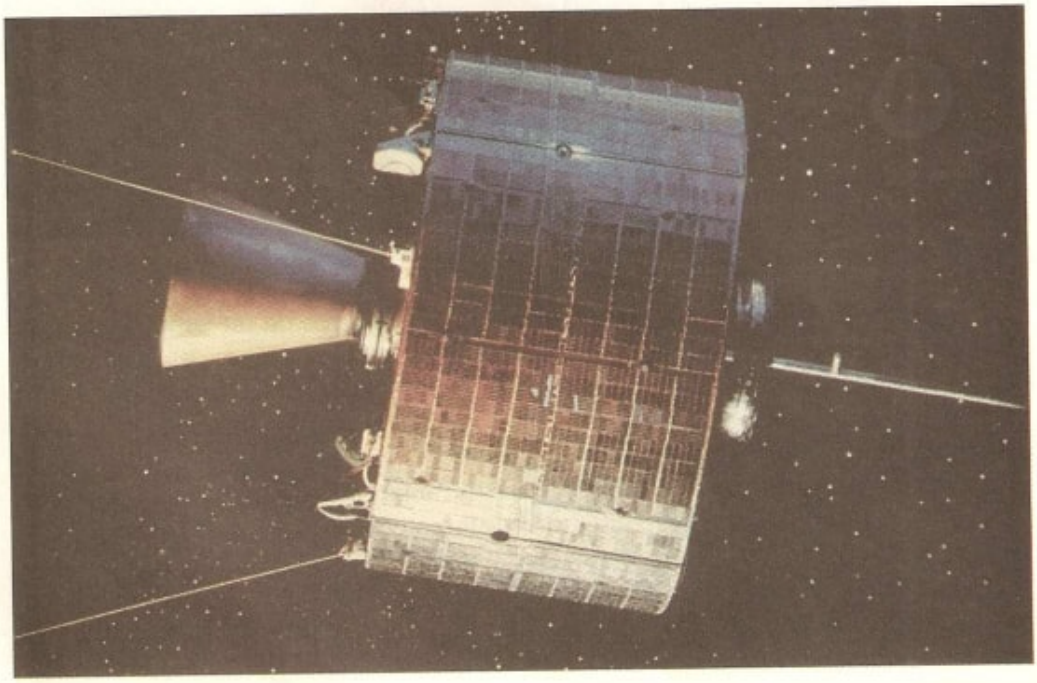
Galileo introdujo un procedimiento fundamental para el científico: la necesidad de verificar, con experiencias concretas, las formulaciones teóricas. Además de eso, el genial italiano mostró con su práctica que el científico necesita crear situaciones favorables de observación, eliminando factores que interfieran o perjudiquen el análisis del fenómeno a ser estudiado.

Otro momento importante en la elaboración del conocimiento unido a la Física ocurrió en el siglo XVII con Isaac Newton. Él realizó la primera síntesis de la historia de la Física a través de la formulación de leyes generales. Con eso se creó la posibilidad de nuevas investigaciones en diversos campos.

Newton creó, además, un sistema matemático para resolver problemas de Física que antes no tenían solución.

A partir de los fundamentos expresados por Newton ocurrieron importantes innovaciones científicas y técnicas. A lo largo del siglo XVIII y XIX, el progreso material derivado de esas innovaciones fue notable.

El final del siglo XIX fue una fase de excesivo optimismo. Muchos estudiosos de la Física creían que ya conocían los principios y las leyes fundamentales del funcionamiento del universo.



Subido por Leazeel

La *Teoría de la Relatividad*, publicada por Einstein en 1905, provocó una verdadera revolución en el campo científico. Las más arraigadas verdades, basadas en las leyes de Newton, pasaron a ser revisadas.

Desde entonces los avances fueron enormes. La obtención de energía a partir de la desintegración atómica, los satélites y los viajes espaciales son algunos de los resultados más conocidos del progreso reciente de la Física.

Citamos algunos nombres importantes ligados a la evolución del conocimiento humano sobre el mundo físico. Centenas de otros podrían ser incrementados. Lo importante es entender que esa evolución no es resultado de la acción individual de algunos hombres notables, sino más bien una obra colectiva. Son las condiciones históricas de una determinada sociedad las que favorecen o no el aumento del saber.

Al estudiar Física uno probablemente se dará cuenta que una de las lecciones de la ciencia es que la apariencia engaña.

Desconfiemos pues de lo obvio.

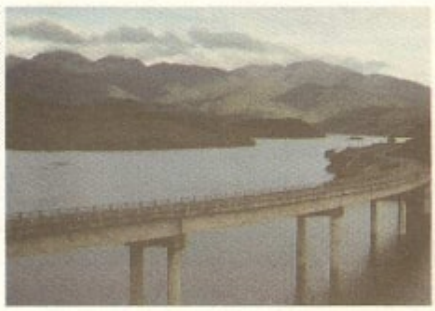
2 Finalidad de la Física

El vocablo *física* proviene del griego *physiké*, que significa *naturaleza*. Por tanto, en el sentido amplio, la Física debería ocuparse de todos los fenómenos naturales.

Actualmente el estudio de la naturaleza se realiza por diversos campos de investigación, en los cuales entran la Química, la Geología, la Biología, etc.

Esa división del estudio de los fenómenos naturales se debe a la continua expansión de nuestro conocimiento.

Con la ayuda de la Física, podemos utilizar algunas formas de energía y hacerlas trabajar para nosotros:



Manoel Novaes/FTD

Manoel Novaes/FTD

Manoel Novaes/FTD

- energía eléctrica: enceradora, refrigerador, computador, plancha, etc.
- energía mecánica: puentes, naves espaciales, autopistas, edificios, etc.
- energía sonora: radio, disco, teléfono, instrumentos musicales, etc.
- energía luminosa: máquina fotográfica, telescopio, rayo láser, análisis de materiales, etc.
- energía calorífica: máquinas de vapor, cámaras frigoríficas, motores de automóviles, etc.
- energía nuclear: corriente eléctrica, bomba atómica, etc.

3 Magnitudes físicas

Se denomina *magnitud física* a todo lo que puede variar cuantitativamente.

Las magnitudes físicas se clasifican en:

a) Magnitudes escalares: se caracterizan por un número real, positivo o negativo, acompañado de una unidad de medida.

Ejemplos:

masa — la masa de un cuerpo es de 3kg;

volumen — el volumen de un cubo es de $20cm^3$.

b) Magnitudes vectoriales: se caracterizan por un número real llamado *módulo* o *intensidad*, acompañado de una unidad de medida, una *dirección* y un *sentido*.

Ejemplo:

Considere un automóvil que se mueve en una carretera rectilínea como se indica en la figura, a una velocidad de 20km/h.

Thales Trigo/FTD

Observe que, para que la magnitud física *velocidad* quede caracterizada, se necesita conocer:

- su módulo (20);
- su dirección (horizontal);
- su sentido (de izquierda a derecha).

Las magnitudes físicas que necesitan de un módulo, una dirección y un sentido para estar determinadas son denominadas *magnitudes vectoriales*.

Subido por Leazeel

4 Ramas de la Física

La Física comprende varias partes según los fenómenos estudiados. Para fines didácticos, se destacan las siguientes:

parte	estudia
Mecánica	el movimiento y sus causas
Termología	el calor y sus aplicaciones
Acústica	el sonido
Óptica	la luz
Electrología	la electricidad y sus aplicaciones
Física Moderna	la estructura del átomo, la radiactividad, la teoría de la relatividad, etc.

5 Sistema Internacional de Unidades (SI)

El Sistema Internacional de Unidades (SI) establece siete unidades como fundamentales, cada una de las cuales corresponde a una magnitud.

magnitud	unidad	símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
temperatura termodinámica	kelvin	K
cantidad de materia	mol	mol
intensidad luminosa	candela	cd

En la Mecánica, el SI es denominado MKS, que corresponde a las iniciales de los símbolos de las tres unidades fundamentales usadas.

	longitud	masa	tiempo
MKS	m	kg	s

Todas las unidades, cuando se escriben inextenso, deben tener inicial minúscula, aunque sean nombres de personas.

Ejemplos: metro, newton, kilómetro, pascal, etc.

La unidad de temperatura en la escala Celsius es una excepción a esa regla: se escribe grado Celsius. Se puede notar que está escrita con inicial mayúscula.

Los símbolos se escriben con letra minúscula, a no ser que se trate de nombre de persona, y no varían cuando se escriben en plural.

Algunas unidades no forman parte del SI, pero están ampliamente difundidas. Las mismas figuran en el siguiente cuadro:

magnitud	nombre	símbolo	valor en unidades SI
tiempo	minuto	min	1min = 60s
	hora	h	1h = 60min = 3 600s
	día	d	1d = 24h = 86 400s
ángulo plano	grado	°	$1° = \frac{\pi}{180}$ rad
	minuto	'	$\frac{1°}{60} = \frac{\pi}{10\,800}$ rad
	segundo	"	$\frac{1'}{60} = \frac{\pi}{648\,000}$ rad
volumen	litro	ℓ	$1\ell = 1dm^3 = 10^{-3} m^3$
masa	tonelada	t	$1t = 10^3 kg$

6 Potencias de diez

En Física, el valor de muchas magnitudes es mucho mayor o mucho menor que uno.

En la práctica, se escribe el valor de una magnitud como un número comprendido entre uno y diez, multiplicado por la potencia de diez conveniente.

Cuando un número es representado en esta forma, se dice que el mismo está expresado en *notación científica*.

Se tienen dos casos que verán seguidamente.

1º caso: El número es mayor que uno.

$$\underbrace{136\,000}_{\text{5 lugares}} = 1{,}36 \cdot 10^5$$

Ejemplos:

$2\,000\,000 = 2 \cdot 10^6$

$33\,000\,000\,000 = 3{,}3 \cdot 10^{10}$

$547\,800\,000 = 5{,}478 \cdot 10^8$

Subido por Leazeel

El exponente de diez indica el número de veces que se debe desplazar la coma hacia la derecha.

2º caso: El número es mucho menor que uno.

$$0,\underbrace{000\,000\,4}_{\text{7 lugares}}12 = 4,12 \cdot 10^{-7}$$

Ejemplos:

$0,0034 = 3,4 \cdot 10^{-3}$

$0,0000008 = 8 \cdot 10^{-7}$

$0,0000000000517 = 5,17 \cdot 10^{-11}$

Cuando el exponente de diez es negativo, la coma es desplazada el mismo número de lugares hacia la izquierda.

A continuación se presentan algunas magnitudes físicas expresadas en notación científica:

velocidad de la luz en el vacío = $3 \cdot 10^{8}$ m/s

masa de un protón = $1,6 \cdot 10^{-24}$ g

radio del átomo de hidrógeno = $5 \cdot 10^{-9}$ cm

número de Avogadro = $6,02 \cdot 10^{23}$

7 Divisiones de la Mecánica

Históricamente la Mecánica constituye la primera rama de la Física y, por cuestiones didácticas, se la divide en tres partes:

Cinemática: estudia el movimiento de los cuerpos sin considerar las causas.

Dinámica: estudia el movimiento de los cuerpos considerando sus causas.

Estática: estudia los cuerpos en reposo.

La Cinemática también puede ser dividida en Cinemática Escalar y Cinemática Vectorial.

Subido por Leazeel

Unidad II
Cinemática

Capítulo 1

Cinemática escalar

1 Teoría, sus creadores, su práctica

La Cinemática comenzó a desarrollarse con Galileo Galilei (1564-1642), que estudió el fenómeno de la caída libre.

Torricelli (1608-1647) y Viviani (1622-1703) contribuyeron estudiando y resolviendo problemas relacionados con el movimiento de la cicloide.

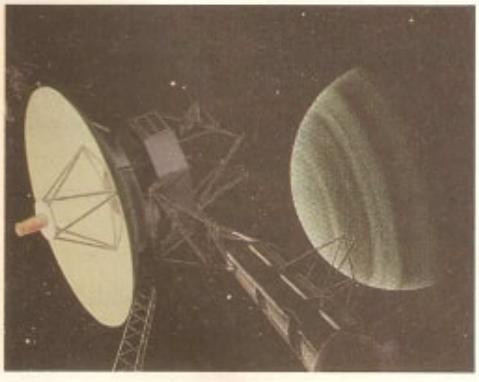
D'Alembert (1717-1783), Euler (1707-1783) y Carnot (1796-1832) elaboraron la teoría geométrica del movimiento.

Pero fue Ampere (1775-1836) quien dio al estudio de los movimientos, sin preocuparse de las causas, el nombre de Cinemática, en su obra *Philosophie des Sciences*, de 1834, aclarando los contornos de esa ciencia especial y situándola en el estudio de la Mecánica.

La Cinemática evolucionó mucho en el siglo XIX, llegando hasta el estudio de los movimientos de la luz y del sonido.

El estudio de las relaciones de espacio pertenece a la Geometría Euclidiana, pero cuando se introduce la variable tiempo, se ingresa al campo de la Cinemática. Así, el espacio recorrido, el ángulo descrito, variables conocidas en Geometría, con la intervención del tiempo, pasan a ser otras variables tales como velocidad, aceleración, velocidad angular y aceleración angular.

En esta unidad se encontrarán respuestas para varios términos que no fueron comprendidos hasta aquí y también para cuestiones que surjan en lo cotidiano.



L.A. Daily News/Gamma/Sigla

Subido por Leazeel

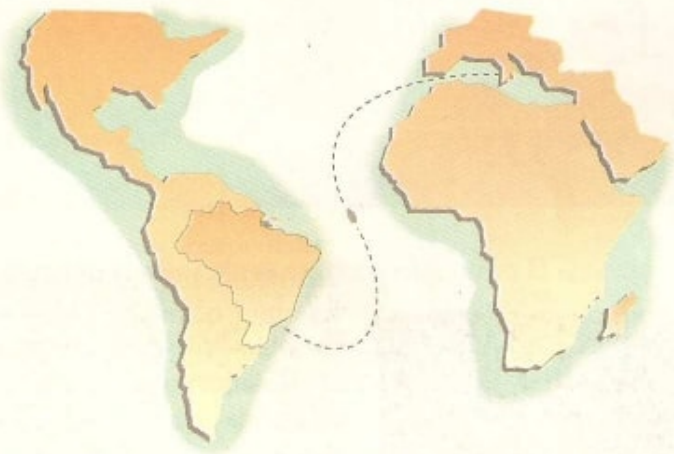
- ¿Por qué veo primero el destello de un trueno y después oigo el ruido si ambos provienen del mismo lugar?
- ¿Cómo una nave espacial se desplaza en el espacio? ¿Qué tipo de movimiento realiza?
- ¿Y las manecillas de un reloj? ¿La menor tiene menor velocidad angular que la mayor? ¿Por qué?
- ¿Cuánto tiempo emplea un automóvil para adelantarse a un camión?
- ¿Qué distancia él recorre desde el inicio hasta el final del adelantamiento?
- A veces, al adelantarnos a un vehículo, nos quedamos a su lado y la impresión que tenemos es de que los vehículos están detenidos. ¿Por qué?
- Se lanza verticalmente hacia arriba una piedra. Despreciando la resistencia del aire, ¿podemos decir que el tiempo que la piedra emplea para subir es igual al tiempo que ella emplea en retornar al punto del cual fue lanzada?
- Cuando un avión lanza una bomba, ¿debe abandonarla sobre el blanco o antes de estar sobre él?
- ¿Cómo funcionan dos engranajes de una máquina de diámetros diferentes que trabajan acopladas?

En fin estas cuestiones y otras usted estará en condiciones de responder al final de esta unidad.

2 Punto material y cuerpo extenso

Considerando un barco haciendo un viaje de Río de Janeiro a Italia.

Como las dimensiones del barco (largo, alto y ancho) son muy pequeñas, comparadas con la distancia de Río de Janeiro a Italia, él puede tener sus dimensiones despreciables. En este caso, se puede decir que el barco es un *punto material*, una *partícula* o un *móvil*.



Punto material es todo cuerpo cuyas dimensiones no intervienen en el estudio de un determinado fenómeno.

Se observa que el punto material tiene masa; lo que es despreciable es su tamaño.

Subido por Leazeel

Manoel Novaes/FTD

Suponiendo, ahora, el mismo barco entrando en un puerto.

En este caso, sus dimensiones no pueden ser despreciadas cuando comparadas con el ancho y la longitud del puerto; entonces el barco es denominado *cuerpo extenso*.

Cuerpo extenso es todo cuerpo cuyas dimensiones intervienen en el estudio de un determinado fenómeno.

3 Reposo, movimiento y sistema de referencia

Considerando una persona A en el interior de un automóvil que se dirige hacia la derecha y otra persona B que camina al costado.

Davidson Franca/FTD

Tomando la persona B como referencia, se verifica que la distancia entre ella y A varía con el tiempo.

En este caso, se dice que A está en movimiento en relación a B.

Suponiendo, ahora, que B esté con A en el interior del automóvil, y tomando nuevamente B como referencia, se verifica que la distancia entre ellas no varía con el tiempo.

En este caso, se dice que A está en reposo en relación a B.

El cuerpo B, que se toma como referencia en los dos ejemplos, es denominado *sistema de referencia*.

El referencial es indispensable para determinar la posición de un objeto y también necesario para verificar si un objeto está en movimiento o en reposo.

Observe que los conceptos de reposo y movimiento son relativos, es decir, depende de un sistema de referencia que se debe adoptar.

Subido por Leazeel

4 Trayectoria

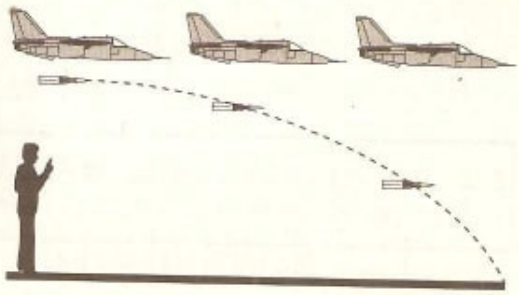
La foto del lado derecho ilustra a un esquiador en movimiento.

La marca que él deja en la nieve, y que representa el camino que recorrió en relación a una persona parada en el suelo, es denominada *trayectoria*.

P. Royer/Explorer/Sigla

Trayectoria es la línea determinada por las diversas posiciones que un cuerpo ocupa durante el transcurso del tiempo.

La trayectoria depende del sistema de referencia adoptado. Por ejemplo, suponiéndose un avión que vuela con velocidad constante. Si en un determinado instante él abandona una bomba, ella caerá según una trayectoria vertical en relación a las personas del avión. Pero para un observador parado en el suelo la trayectoria observada será *parabólica*.



De acuerdo con la trayectoria, los movimientos reciben los siguientes nombres:
movimiento rectilíneo: la trayectoria es una recta;
movimiento curvilíneo: la trayectoria es una curva.

5 Posición escalar

Cuando se conoce la forma de la trayectoria de un cuerpo, se puede determinar su posición en el transcurso del tiempo a través de un único número llamado *abscisa de un cuerpo*.

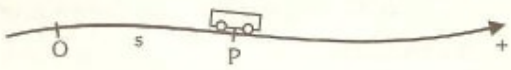
Ejemplo:

Considerando un cuerpo que se mueve sobre la trayectoria de la figura.

Thales Trigo /FTD

Subido por Leazeel

Para localizar ese cuerpo en un determinado instante, se adopta arbitrariamente un punto O sobre la trayectoria, al cual se llamará *origen de las posiciones*, y orientamos la trayectoria positivamente, por ejemplo, hacia la derecha a partir de O.

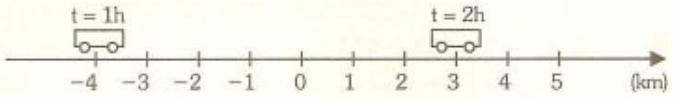


Para conocer la posición del cuerpo, esto es, su abscisa, en un cierto instante, se necesita conocer su distancia en relación al punto O.

Se acostumbra representar la posición de un cuerpo en un instante dado por la letra s.

Esa posición será positiva, si el cuerpo está a la derecha del origen, y negativa, si está a la izquierda.

En la trayectoria siguiente se tiene:



la posición del cuerpo en el instante t = 1h es s = −4km

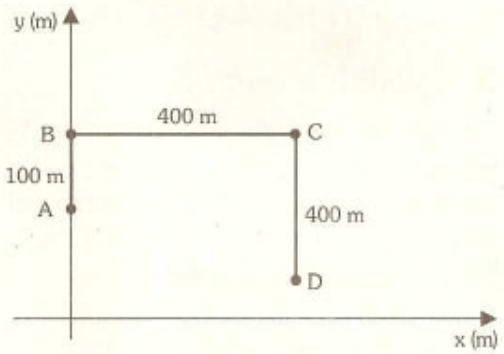
la posición del cuerpo en el instante t = 2h es s = 3km

la posición del cuerpo en el origen es s = 0

> Posición escalar de un cuerpo es la medida de la distancia del cuerpo al origen de las posiciones en un determinado instante.

6 Desplazamiento y camino recorrido

Considerando una persona que sale del punto A y pasa por los puntos B, C y D, donde se detiene, siguiendo la trayectoria indicada en la figura.



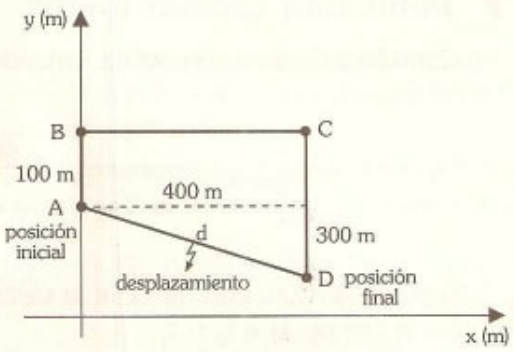
Se puede calcular el camino recorrido por la persona efectuando la suma de los segmentos:

camino recorrido = $\overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD}$

camino recorrido = 100 + 400 + 400 = 900 m

Subido por Leazeel

El desplazamiento, a su vez, es la medida del segmento que representa la distancia entre la posición inicial y la posición final de la persona.



Utilizando el teorema de Pitágoras se tiene:

$d^2 = 400^2 + 300^2$

$d^2 = 160\,000 + 90\,000$

$d = 500$ m.

Si la trayectoria es una curva, el desplazamiento no coincide con el camino recorrido por el cuerpo.

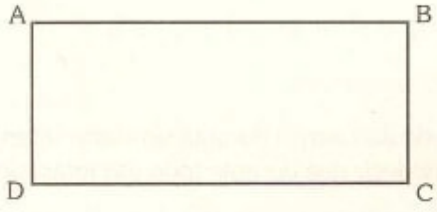
En la figura, el desplazamiento del cuerpo al pasar del punto A al punto B es la medida del segmento $\overline{AB}$, y el camino recorrido es la medida del arco $\overset{\frown}{AB}$.

Cuando la trayectoria es una recta y el cuerpo se mueve siempre en el mismo sentido, el desplazamiento y el camino recorrido coinciden.

En caso de inversión de sentido, ellos no serán iguales.

PROBLEMAS PROPUESTOS

1 Un joven recorre los lados de un terreno rectangular de dimensiones 40m y 80m.



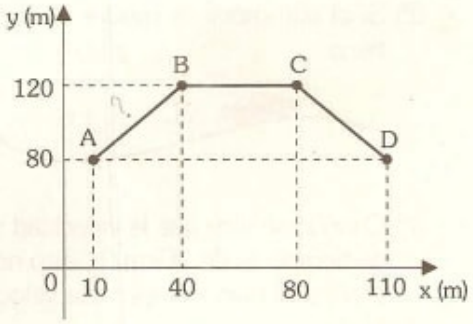
a) ¿Cuál es la distancia recorrida por el joven en dos vueltas completas?

b) ¿Cuál es la distancia recorrida y el desplazamiento en el recorrido ABC?

2 Una persona sale del punto A y camina pasando por los puntos B, C y D, donde se detiene. En base a la figura, calcule el desplazamiento y el camino recorrido por la persona en los trechos:

a) AB

b) ABCD



3 Considere un automóvil que recorre una pista circular de 80m de radio. Determine el desplazamiento y el espacio recorrido por el automóvil durante:

a) un cuarto de vuelta.

b) media vuelta.

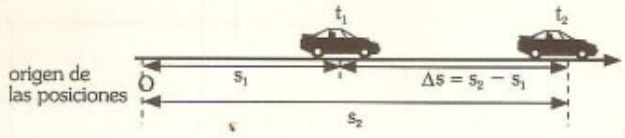
c) una vuelta.

4 La distancia Tierra-Sol es aproximadamente de 149 000 000km. ¿Cuál es el espacio recorrido en km por la Tierra durante una vuelta en su órbita? Suponga que la órbita es circular. Valor de $\pi = 3{,}14$.

Subido por Leazeel

7 Velocidad escalar media

Considerando un automóvil recorriendo la trayectoria que se indica en la figura.



Suponiendo que, para recorrer la variación de espacio $\Delta s = s_2 - s_1$, el automóvil emplee el tiempo $\Delta t = t_2 - t_1$.

Se define como *velocidad escalar media* del automóvil, entre los instantes t_1 y t_2 a la magnitud v_m representada por la expresión:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

La unidad de velocidad en el Sistema Internacional es el metro por segundo, que se indica por m/s.

Se puede también utilizar el kilómetro por hora, que se indica por km/h.

Observaciones:

1ª) Si el automóvil se mueve en el sentido positivo de la trayectoria se tiene:

$$s_2 > s_1 \Rightarrow \Delta s > 0 \therefore v_m > 0$$

2ª) Si el automóvil se mueve en sentido contrario al positivo de la trayectoria, se tiene:

$$s_2 < s_1 \Rightarrow \Delta s < 0 \therefore v_m < 0$$

3ª) Cuando se dice que la velocidad media de un cuerpo durante un cierto intervalo de tiempo es de 70km/h, esto no quiere decir que durante todo ese intervalo de tiempo él tuvo siempre esa velocidad.

8 Velocidad escalar instantánea

Considerando una persona que está manejando un automóvil en una carretera.

Suponiendo también que ella anotó la velocidad del automóvil durante el transcurso del tiempo, obteniendo la tabla de al lado.

instante	velocidad en km/h
7h	60
7h15min	80
7h40min	50
8h	20

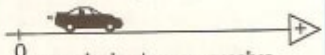
El valor de la velocidad del automóvil en un determinado instante se denomina *velocidad escalar instantánea*.

Subido por Leazeel

Ejemplo:

A las 7h el velocímetro del automóvil estaba marcando 60 km/h. Esto significa que en el instante t = 7 la velocidad del automóvil era 60 km/h, esto es, él recorrería 60 km en una hora si mantuviese la velocidad señalada en aquel instante.

Como el velocímetro del automóvil no indica si él se está moviendo en el mismo sentido o en sentido contrario al positivo de la trayectoria, se establece la convención:

	sentido	signo
velocidad escalar instantánea	el mismo de la trayectoria	v > 0 (positiva)  0 movimiento progresivo
	contrario al de la trayectoria	v < 0 (negativa) 0 movimiento retrógrado

Si la velocidad escalar instantánea de un móvil en un determinado instante es v = −6 m/s, esto significa que, en el instante dado, el móvil se mueve en sentido contrario al positivo de la trayectoria.

Problemas de Aplicación

1 Un ómnibus recorre una distancia de 180km en 2h30min. Calcule la velocidad escalar media del ómnibus en m/s durante ese recorrido.

Solución:

Datos: $\begin{cases} \Delta s = 180km = 180\,000m \\ \Delta t = 2h30min = 9\,000s \end{cases}$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{180\,000}{9\,000} \Rightarrow v_m = 20\ m/s$$

Respuesta: 20 m/s

2 Convierta:

a) 108km/h en m/s. b) 20m/s en km/h.

Solución:

a) Como 1km = 1 000m y 1h = 60min = 3 600s, se tiene:

$$108km/h = 108 \cdot \frac{1\,000m}{3\,600s} = \frac{108}{3,6}\ m/s = 30m/s$$

b) Como $1m = \frac{1}{1\,000}$ km y $1s = \frac{1}{3\,600}$ h, entonces:

$$20m/s = 20 \cdot \frac{\frac{1}{1\,000}\ km}{\frac{1}{3\,600}\ h} = 20 \cdot 3,6km/h = 72km/h$$

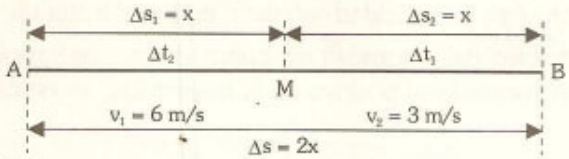
Note que, para transformar km/h en m/s, *se divide* por 3,6 y para convertir m/s en km/h, *se multiplica* por 3,6.

Respuesta: a) 30m/s b) 72km/h

Subido por Leazeel

3 Una partícula recorre una trayectoria AB, donde M es el punto medio, siempre en el mismo sentido y con velocidad constante en cada uno de los trechos AM y MB. La velocidad de la partícula en el trecho AM es 6m/s y en el trecho MB es 3m/s. Calcule la velocidad media de la partícula entre los puntos A y B.

Solución:



En los trechos AM y MB, se tiene:

$$v_1 = \frac{\Delta s_1}{\Delta t_1} \Rightarrow 6 = \frac{x}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{x}{6}$$

$$v_2 = \frac{\Delta s_2}{\Delta t_2} \Rightarrow 3 = \frac{x}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{x}{3}$$

En el recorrido total AB, se tiene:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2x}{\Delta t_1 + \Delta t_2} \Rightarrow v_m = \frac{2x}{\frac{x}{6} + \frac{x}{3}} \Rightarrow v_m = 4\text{m/s}$$

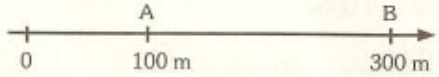
Respuesta: 4m/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

5 Convierta:
a) 90km/h en m/s. b) 15m/s en km/h.

6 ¿Cuál es la velocidad en km/h que un avión debe alcanzar para igualar la velocidad de propagación del sonido en el aire, suponiendo que ésta sea 330m/s?

7 En el instante $t_1 = 2s$ un automóvil pasa por el punto A de una carretera rectilínea y, en el instante $t_2 = 7s$, pasa por el punto B.



Calcule la velocidad escalar media del automóvil en ese trecho.

8 Un corredor recorre 100m en 10s. Determine su velocidad media en km/h.

9 Un automovilista recorre tres vueltas de un circuito de 4,5km de longitud, empleando en cada vuelta los siguientes tiempos: 10min, 12min y 12min30s. Calcule en m/s:
a) la velocidad media del automovilista en cada vuelta;
b) la velocidad media del recorrido total.

10 Una estrella se halla a una distancia de $4,5 \cdot 10^9$km de la Tierra. Sabiendo que la velocidad de la luz es de 300 000km/s, ¿cuál es el tiempo que emplea la luz de la estrella para alcanzar la Tierra?

11 Cierta persona viajaba en un automóvil cuyo velocímetro no funcionaba. Deseando saber cuál era el valor de la velocidad escalar media del automóvil y sabiendo que los postes de la red eléctrica dispuestos en la margen de la carretera distan 60m uno de otro, la persona comenzó a marcar el tiempo en el instante en que pasó frente a un poste (primer poste) y constató que transcurrieron 45,6s hasta el instante en que pasó delante del vigésimo poste. Determine la velocidad escalar media del automóvil, en km/h, constatada en el intervalo de tiempo durante el cual la persona se desplazó del 1º al 20º poste.

12 La distancia de la facultad hasta la zona este de la ciudad es de 24km. Considerando la velocidad máxima permitida de 80km/h, ¿cuántos minutos, como mínimo, una persona debe emplear en el recorrido en un tránsito completamente libre?

13 Dos ciudades A y B distan 600km. Un automóvil parte de A a las 8h15min 30s y llega a B a las 14h32 min20s.
a) ¿Cuál es el tiempo que se empleó en el viaje?
b) ¿Cuál es la velocidad escalar media del automóvil durante el viaje? Dé la respuesta en km/h.

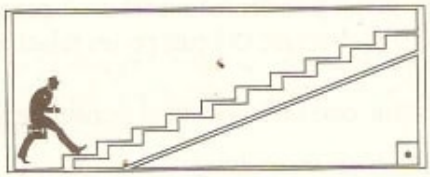
14 Una línea de ómnibus urbano tiene un trayecto de 25km. Sabiendo que un ómnibus recorre ese trayecto en 85min, calcule su velocidad escalar media en km/h.

15 En un camión cisterna en movimiento, uno de los grifos está mal cerrado y gotea a razón de 2 gotas por segundo. Determine la velocidad del camión,

Subido por Leazeel

sabiendo que la distancia entre las marcas sucesivas dejadas por las gotas en el asfalto es de 2,5m.

16 Una escalera mecánica de 6m de altura y 8m de base transporta una persona de la base hasta el techo de la escalera en un intervalo de 20s.
Determine la velocidad media de esa persona.



17 En una mañana calurosa de un día viernes, la fila única de clientes de un banco tiene una longitud media de 50m. En promedio la distancia entre las personas en la fila es de 1,0m. Los clientes son atendidos por 3 cajas.
Cada caja lleva cerca de 3min para atender un cliente. Se pregunta:

a) ¿Cuál es la velocidad (media) de los clientes a lo largo de la fila?
b) ¿Cuánto tiempo un cliente demora en la fila?
c) Si uno de los cajeros se retira por 30min, ¿cuántos metros la fila aumenta?

18 Un automóvil recorre 80km a 40km/h y, luego, 10km a 20km/h. Determine la velocidad media del automóvil durante todo el recorrido.

19 Una patrulla de la policía caminera mide el tiempo que cada vehículo emplea para recorrer un trecho de 400m de una carretera. Un automóvil recorre la primera mitad del trecho con una velocidad de 140km/h. Siendo 80km/h la velocidad máxima permitida, ¿cuál debe ser la mayor velocidad media del automóvil en la segunda mitad del trecho para evitar la multa?

20 Un niño sale de su casa hacia la escuela, realizando en promedio un paso por segundo. El tamaño medio de su paso es de 0,5m y él gasta 5min en el trayecto. ¿Cuál es la distancia entre su casa y la escuela?

9 Movimiento uniforme (MU)

a) Definición

Considerando una persona que conduce un automóvil de tal forma que la aguja del velocímetro esté siempre en la misma posición, por ejemplo, 50km/h, durante ese tiempo.

En esa condición ella recorrerá 50km en cada hora, esto es, si en 1h ella recorre 50 km, en 2h recorrerá 100km, y así sucesivamente. O sea, recorrerá distancias iguales en intervalos de tiempos iguales.

Para que esto ocurra, la velocidad escalar instantánea debe ser igual a la velocidad escalar media en cualquier intervalo de tiempo.

El movimiento descrito en esa situación es denominado *movimiento uniforme* (*MU*).

$$\text{movimiento uniforme} \iff v = v_m = \text{cte} \neq 0$$

Se pueden citar algunos ejemplos: una gota de agua descendiendo por un tubo lleno de aceite, un ciclista con velocidad constante, el viaje de una nave interplanetaria, la subida o bajada de una escalera mecánica, etc.

En la práctica, los movimientos no son perfectamente uniformes. Si la trayectoria es rectilínea, el movimiento se dice que es *movimiento rectilíneo y uniforme* (*MRU*).

Subido por Leazeel

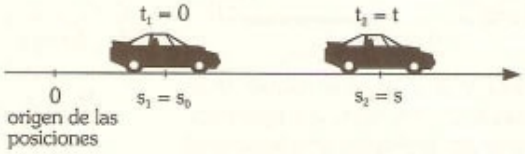
b) Función horaria de las posiciones

El estudio de la Cinemática se restringe a la elección de un sistema de referencia y al registro, en términos matemáticos, de las sucesivas posiciones ocupadas por un cuerpo en el transcurso del tiempo.

Por tanto, partiendo de la *posición actual* del cuerpo, en un determinado sistema de referencia, se puede determinar la *posición futura* en el mismo sistema de referencia.

Así, dados el *aquí* y *ahora* del cuerpo — posición y instantes iniciales — para un determinado observador, se puede prever el *allí* y el *después* del cuerpo en relación al mismo observador.

Para eso, considerando un cuerpo que recorre con una velocidad constante v la trayectoria de la figura.



Donde:

s_0 : la posición del cuerpo en el instante inicial $t_0 = 0$ (posición inicial)

s: la posición del cuerpo en el instante t

Se tiene:

$$v_m = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow v = \frac{s - s_0}{t} \Rightarrow s - s_0 = vt \Rightarrow \boxed{s = s_0 + vt}$$

La función horaria de las posiciones de un movimiento uniforme es la fórmula matemática que facilita determinar la posición de un cuerpo durante un intervalo de tiempo en una determinada trayectoria.

Problemas de Aplicación

1 Un cuerpo se mueve sobre una trayectoria rectilínea obedeciendo a la función horaria s = 20 + 4t (en unidades del SI). Determine:

a) su posición inicial y su velocidad;

b) su posición a los 5s;

c) la variación del espacio entre los instantes 2s y 7s;

d) el instante en que el cuerpo pasa por la posición 60m.

Solución:

a) Como la función horaria de las posiciones es de 1º grado en relación al tiempo, el cuerpo realiza un movimiento uniforme. Luego:

$$\begin{matrix} s = & 20 & + & 4 & t \\ s = & s_0 & + & v & t \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} s_0 = 20m \\ v = 4m/s \end{cases}$$

b) s = ? cuando t = 5s

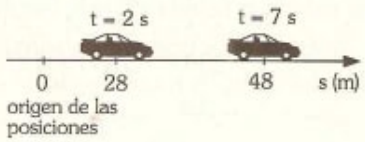
$s = 20 + 4t \Rightarrow s_5 = 20 + 4 \cdot 5 \Rightarrow s_5 = 40m$

c) Para t = 2s

$s = 20 + 4t \Rightarrow s_2 = 28m$

Para t = 7s

$s = 20 + 4t \Rightarrow s_7 = 48m$



Subido por Leazeel

La variación de espacio es igual a:

$\Delta s = s_7 - s_2 \Rightarrow \Delta s = 48 - 28 \Rightarrow \Delta s = 20m$

d) $t = ?$ cuando $s = 60m$

$s = 20 + 4t \Rightarrow 60 = 20 + 4t \Rightarrow t = 10s$

Respuesta: a) $s_0 = 20m$ y $v = 4m/s$ b) 40m c) 20m d) 10s

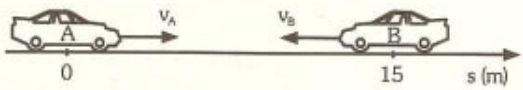
2 Dos móviles parten simultáneamente de dos puntos de una recta, separados por una distancia de 15m, recorriéndola en la misma dirección y en sentidos contrarios, con velocidades constantes e iguales a 2m/s y 3m/s.

a) ¿Cuánto tiempo, después de la partida, se produce el encuentro?

b) ¿Cuál es la posición del encuentro?

Solución:

a) Esquema



Fijando como origen el punto donde se encuentra el móvil A, se tienen las siguientes funciones horarias:

$s_A = s + v_A t \Rightarrow s_A = 0 + 2t \Rightarrow s_A = 2t$

$s_B = s_{0_A} + v_B t \Rightarrow s_B = 15 - 3t$

En el encuentro, se tiene:

$s_A = s_B \Rightarrow 2t = 15 - 3t \Rightarrow t = 3s$

b) La posición del encuentro en relación al origen es:

$s_E = 2t \Rightarrow s_E = 2 \cdot 3 = 6m$

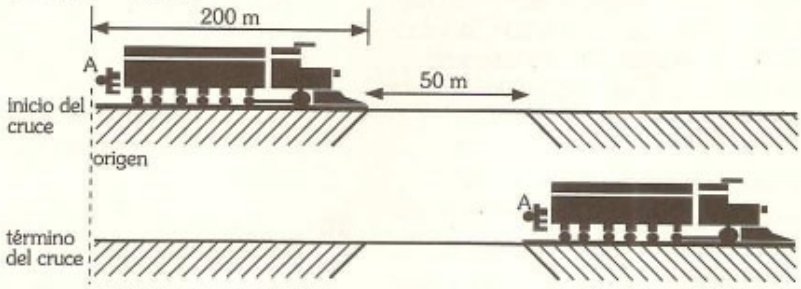
Respuesta: a) 3s b) 6m

3 Un tren de 200m de longitud tiene una velocidad escalar constante de 72km/h. Determine el tiempo que él emplea para recorrer un puente de 50m de longitud.

Solución:

Datos: $v_A = 72km/h = 20m/s$

Esquema



La función horaria de las posiciones para el punto A (parte trasera del tren) en el inicio del recorrido es:

$s_A = s_{0A} + v_A t \Rightarrow s_A = 0 + 20t \Rightarrow s_A = 20t$

Cuando termina de cruzar el puente, se tiene $s_A = 250m$.

$s_A = 20t \Rightarrow 250 = 20t \Rightarrow t = 12,5s$

Respuesta: 12,5s

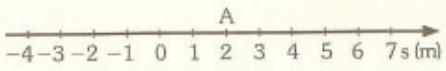
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

21 Un automóvil se mueve según la función horaria $s = 50 + 8t$ (en unidades del SI).
a) ¿Cuál es la posición inicial y la velocidad del automóvil?
b) ¿Cuál es la posición del automóvil en el instante 20 s?
c) ¿En qué instante el automóvil pasa por la posición 650 m?
d) ¿Qué distancia el automóvil recorre durante el 10º segundo?

22 Un cuerpo se mueve según una trayectoria rectilínea, obedeciendo a la función horaria $s = 60 - 10t$ (en unidades del SI).
Determine:
a) su posición inicial y su velocidad;
b) su posición en el instante 3s;
c) el instante en que pasa por el origen de las posiciones;
d) la distancia recorrida en el intervalo de 1s a 10s.

23 Un cuerpo se mueve sobre la trayectoria rectilínea de la figura, obedeciendo a la función horaria $s = -4 + 2t$ (en unidades del SI).



a) ¿Cuál es la posición del cuerpo en el instante 5s?
b) Determine el instante en que el cuerpo pasa por el punto A.

24 En una carretera se observan un camión y un jeep, ambos dirigiéndose en el mismo sentido. Sus velocidades son 54km/h y 72km/h, respectivamente.
En el instante $t = 0$, el jeep está a 100m detrás del camión.
Determine:
a) el instante en que el jeep alcanza al camión;
b) el camino recorrido por el jeep hasta alcanzar al camión.

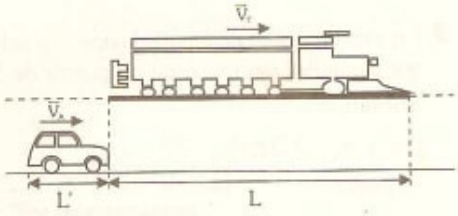
25 Dos corredores parten, en sentidos opuestos y en el mismo instante, de los extremos de una pista rectilínea de 600m de longitud. Sabiendo que sus velocidades son iguales a 8,5m/s y 6,5m/s, calcule después de cuánto tiempo la distancia entre ellos es de 450m.

26 Un batallón de infantería sale del cuartel para una marcha a las 5h de la mañana, a razón de 5km/h. Después de una hora y media, un soldado sale del cuartel en un jeép para llevar una información al comandante de la marcha, a lo largo de la misma carretera, a 80km/h. ¿Cuántos minutos empleará el soldado para alcanzar al batallón?

27 ¿Cuánto tiempo emplea un tren de 200m, a una velocidad de 180km/h, para atravesar un túnel de 150m? Exprese la respuesta en segundos.

28 Un tren con su locomotora y 19 vagones se desplaza a 20m/s. Si la longitud de la locomotora y de cada vagón es de 10m, ¿cuál es el tiempo que emplea para cruzar:
a) un señalero?
b) un puente de 100m de longitud?

29 Un tren de longitud $L = 200$m, en una trayectoria rectilínea, tiene una velocidad escalar constante de $v_T = 20$m/s. Un automóvil de longitud $L' = 2$m está en una trayectoria paralela a la del tren, con una velocidad escalar constante v_A, dirigiéndose en el mismo sentido del tren, y va a cruzarlo.



El intervalo de tiempo desde el inicio del encuentro hasta el final del cruce es de 10,1s.
Calcule v_A.

30 Un cazador dispara un tiro y escucha el eco 6s después del disparo. Sabiendo que la velocidad de propagación del sonido en el aire es 340m/s, calcule a qué distancia del blanco se encuentra el cazador.

Subido por Leazeel

10 Gráficos del movimiento uniforme

La Matemática, a través de la teoría de las funciones, proporciona medios para relacionar las magnitudes respecto al movimiento: *posición, velocidad y tiempo.*

Se puede también relacionar esas magnitudes gráficamente. A esas relaciones gráficas se denomina *diagramas.*

En este apartado serán estudiadas las dos etapas más utilizadas para describir y prever los movimientos: la construcción y la interpretación de los gráficos del movimiento uniforme.

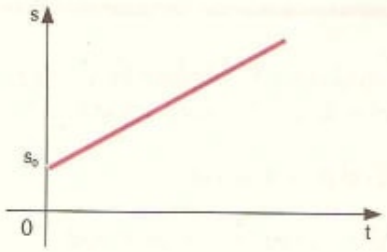
a) Posición en función del tiempo [s = f(t)]

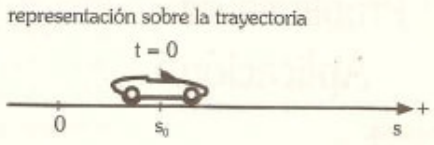
Como la función $s = s_0 + vt$ es de 1º grado en relación al tiempo, su gráfico es representado por una recta.

Se tiene dos casos:

1º caso: velocidad positiva ($v > 0$)

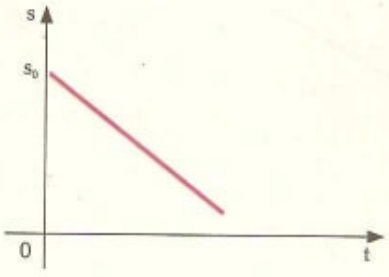
En este caso las posiciones aumentan algebraicamente con el tiempo, esto es, el cuerpo se dirige en el sentido positivo de la trayectoria. El gráfico representativo es:

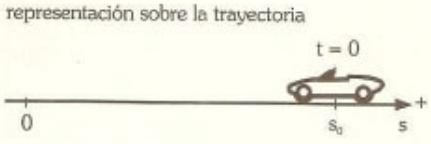




2º caso: velocidad negativa ($v < 0$)

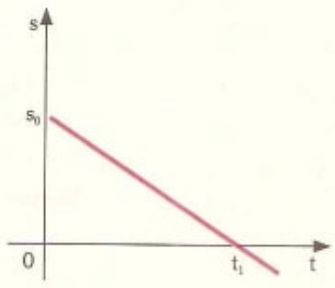
En este caso las posiciones decrecen algebraicamente con el tiempo, esto es, el cuerpo se dirige en el sentido contrario al positivo de la trayectoria. El gráfico representativo es:





Observaciones:

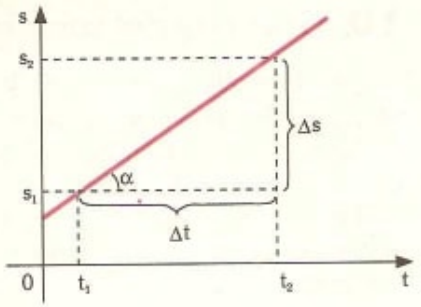
1ª) La ordenada en que la recta corta el eje representa el valor de s_0.
La abscisa en que la recta corta al eje t representa el instante en que el móvil pasa por el origen.



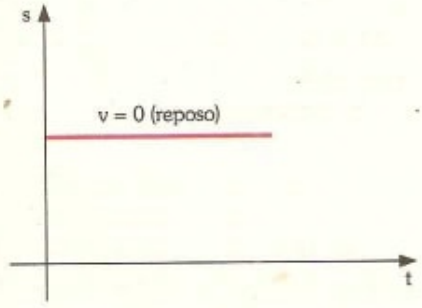
Subido por Leazeel

2ª) En el gráfico s = f(t), la tg α es numéricamente igual a la velocidad.

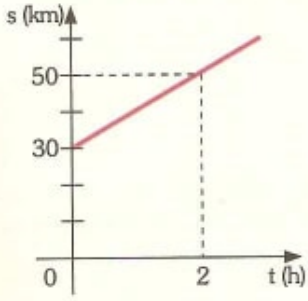
$$\text{tg}\,\alpha = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = v$$



3ª) Cuando un cuerpo no está en movimiento, esto es, v = 0, la posición del móvil es siempre la misma.



Problema de Aplicación



Un punto material en movimiento sobre una trayectoria rectilínea tiene su posición en función del tiempo dada por el gráfico de la izquierda. Determine:

a) la posición inicial del punto material;

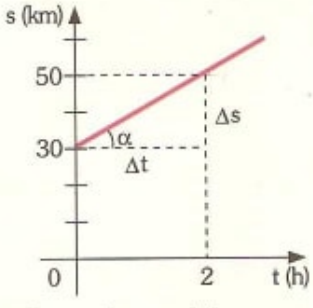
b) su velocidad;

c) la posición del punto material en el instante igual a 7h.

Solución:

a) Cuando t = 0, se tiene s_0 = 30km.

b)



$\Delta s = 50 - 30 = 20\text{km}$

$\Delta t = 2 - 0 = 2\text{h}$

$\text{tg}\,\alpha = v \Rightarrow v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$v = \frac{20}{2}$

$v = 10\text{km/h}$

c) La función horaria de las posiciones es:

$s = s_0 + vt \Rightarrow s = 30 + 10t$

Luego, la posición en el instante t = 7h es igual a:

$s = 30 + 10t \Rightarrow s = 30 + 10 \cdot 7 = 30 + 70 = 100\text{km}$

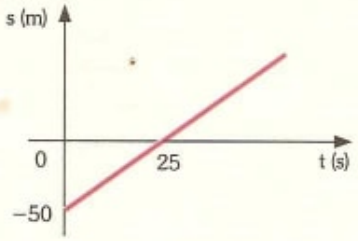
Respuesta: a) 30km b) 10km/h c) 100km

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

31 Un móvil se halla en movimiento rectilíneo uniforme obedeciendo a la función horaria $s = 40 - 10t$ (en unidades del SI). Represente gráficamente la función en el intervalo de 0s a 4s.

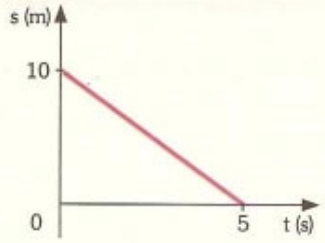
32 La figura representa la posición de un cuerpo en función del tiempo en movimiento rectilíneo.



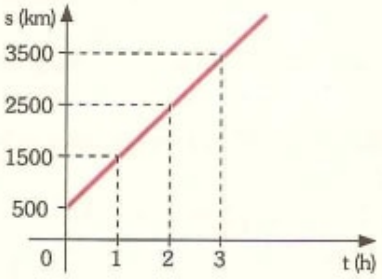
a) Determine la función horaria de las posiciones de ese móvil.

b) ¿En qué instante el cuerpo pasa por la posición 80m?

33 El gráfico indica la posición de un cuerpo en el transcurso del tiempo. ¿Cuál es la posición del cuerpo en el instante 12s?



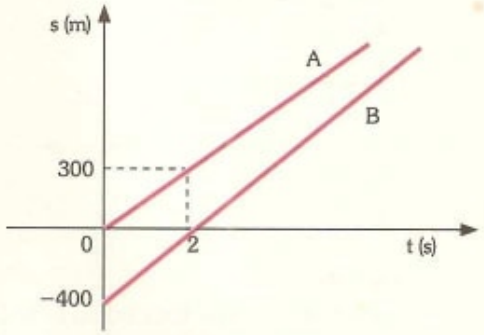
34 Una nave espacial en movimiento tiene su posición en función del tiempo, en un trecho del movimiento, de acuerdo con el gráfico.



a) ¿Cuál es la velocidad de la nave?

b) ¿Dónde estará la nave después de 8h de movimiento, a partir del instante t = 0?

35 Dos misiles en entrenamiento de intercepción se desplazan con movimiento rectilíneo y uniforme en una misma dirección y sentido. El gráfico representa el movimiento de esos misiles.

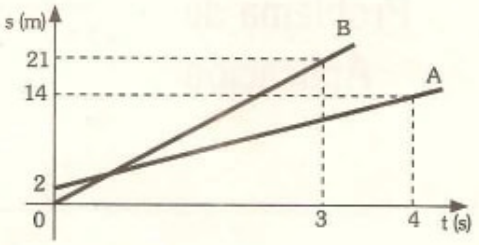


a) ¿Cuál es el instante en que el misil B intercepta el misil A?

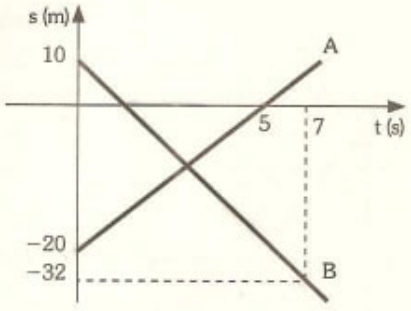
b) ¿Cuál es la distancia del punto de intercepción al punto de lanzamiento?

36 En los gráficos indicados, están señaladas las posiciones durante el movimiento simultáneo de dos automóviles, A y B, sobre una misma trayectoria rectilínea.

a)



b)



Determine en cada caso el instante y la posición del encuentro de esos automóviles.

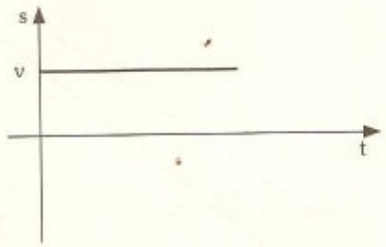
Subido por Leazeel

b) Velocidad en función del tiempo [v = f(t)]

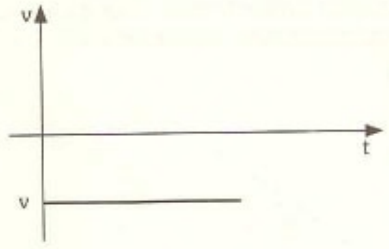
La velocidad de un cuerpo en movimiento uniforme es siempre constante y diferente de cero. Por tanto, el gráfico representativo de la velocidad es una recta paralela al eje de los tiempos.

Se tienen dos casos:

- velocidad positiva

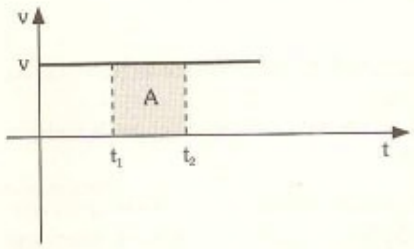


- velocidad negativa



Observación:

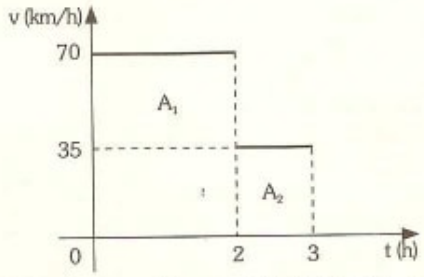
En el gráfico de la velocidad en función del tiempo, el área A de la figura representa numéricamente el espacio recorrido por el móvil entre los instantes t_1 y t_2.



$$A = \Delta s$$

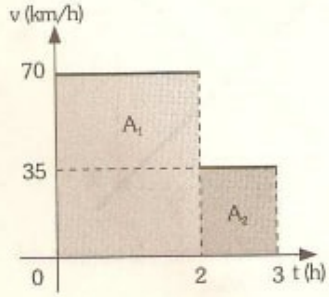
Problema de Aplicación

El movimiento de un automóvil en una carretera está representado en la figura.



a) ¿Cuál es el espacio recorrido por el automóvil en las primeras 3h de movimiento?

b) ¿Cuál es la velocidad media del automóvil en el intervalo de 0h a 3h?



Solución:

a) El espacio recorrido está dado por el área total señalada en la figura de la izquierda.

$$\Delta s = A_1 + A_2 \Rightarrow \Delta s = 2 \cdot 70 + 1 \cdot 35 \Rightarrow \Delta s = 175\text{km}$$

b) La velocidad media está dada por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{175}{3} \Rightarrow v_m = 58{,}3\text{km/h}$$

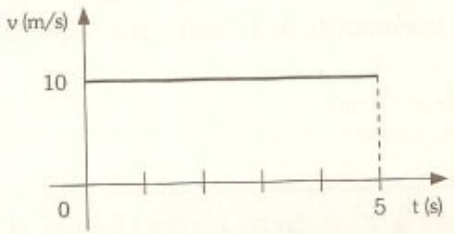
Respuesta: a) 175km b) 58,3km/h

Subido por Leazeel

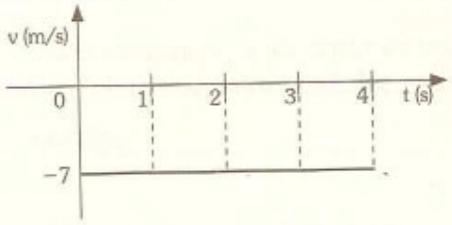
PROBLEMAS PROPUESTOS

37 En cada caso, represente gráficamente la velocidad en función del tiempo de los siguientes movimientos:
a) $s = 10 + 2t$ (en unidades del SI);
b) $s = 6 - 4t$ (en unidades del SI);
c) $s = -70 + 10t$ (en unidades del SI).

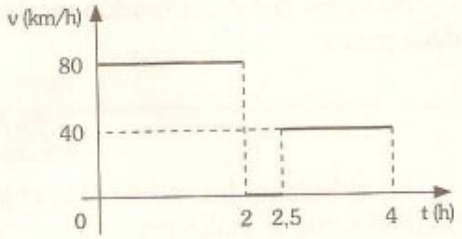
38 Un móvil tiene velocidad en función del tiempo dada por el siguiente gráfico.
Calcule el espacio recorrido por el móvil en el intervalo de 0s a 5s.



39 El gráfico indica la velocidad adquirida por el móvil en el transcurso del tiempo.
Determine el espacio recorrido por el móvil en el intervalo de 0s a 4s.



40 Un automóvil realiza un viaje de 4h y su velocidad escalar varía en función del tiempo aproximadamente como muestra el gráfico.
Calcule la velocidad escalar media del automóvil en el viaje.



41 La siguiente tabla proporciona los datos de un viaje realizado por un móvil en tres intervalos independientes y en la secuencia 1, 2 y 3.

intervalo	duración del intervalo (h)	velocidad (km/h)
1	0,10	20
2	0,40	60
3	0,20	20

a) Construya el gráfico de la velocidad (km/h) en función del tiempo (h).
b) Calcule la distancia total recorrida por el móvil.
c) Indique en el gráfico el tiempo que el móvil emplea para recorrer los primeros 11km.

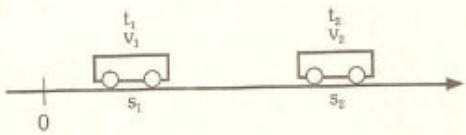
11 Aceleración escalar media

En casi todos los movimientos de un cuerpo el valor de la velocidad varía en el transcurso del tiempo.

Para hacer un estudio más profundo del movimiento de un cuerpo, se necesita saber cuánto varía la velocidad en cada unidad de tiempo; por ejemplo, en cada segundo.

A la magnitud física responsable de la variación rápida o lenta de la velocidad se denomina *aceleración*.

Para estudiar la aceleración, se considera un punto material recorriendo la trayectoria de la figura de al lado.



Donde:

v_1 = velocidad en el instante t_1;

v_2 = velocidad en el instante t_2;

$\Delta v = v_2 - v_1$ = variación de velocidad;

$\Delta t = t_2 - t_1$ = intervalo de tiempo en la variación Δv.

Se define como aceleración escalar media entre los instantes t_1 y t_2 la magnitud a_m dada por:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

En el Sistema Internacional la unidad de aceleración es el metro por segundo al cuadrado, que se indica por m/s^2.

Se puede utilizar también la unidad km/h^2.

Aceleración es la magnitud que relaciona la variación de la velocidad con el tiempo empleado en esa variación.

12 Aceleración escalar instantánea

La aceleración escalar instantánea es la que corresponde a un instante dado.

Por tanto se debe reducir cada vez más el intervalo de tiempo, volviéndolo próximo a cero.

La definición matemática es:

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} a_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$\Delta t \to 0$ (se lee: Δt tiende a cero)

Donde a es la aceleración escalar instantánea.

Problema de Aplicación

La velocidad de un cuerpo varía de 5m/s a 20m/s en 3s. Calcule su aceleración escalar media.

Solución:

Datos: $\begin{cases} v_1 = 5m/s \\ v_2 = 20m/s \\ \Delta t = 3s \end{cases}$

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{20 - 5}{3} = \frac{15}{3} = 5m/s^2$$

Respuesta: $5m/s^2$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

42 Calcule la aceleración media de un automóvil, sabiendo que su velocidad varía de 4m/s a 12m/s en 2s.

43 Un trineo tiene una velocidad v_0 en el instante 4s y una velocidad de 15m/s en el instante 9s. Sabiendo que la aceleración escalar media en el intervalo de 4s a 9s fue de $2m/s^2$, calcule el valor de v_0.

44 Un automóvil parte del reposo y alcanza la velocidad de 25m/s en 5s. Halle su aceleración media en ese intervalo de tiempo.

13 Tipos de movimiento

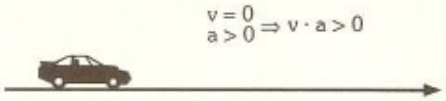
a) Movimiento acelerado

Es aquel en el cual el módulo de la velocidad aumenta en el transcurso del tiempo. Para que eso ocurra se debe tener la velocidad y la aceleración con el mismo signo.

$$\text{movimiento acelerado} \iff v \cdot a > 0$$

Como ejemplo un móvil recorriendo la trayetoria de la figura y el conductor pisando el acelerador.

t (h)	0	1	2	3	4
v (km/h)	10	30	50	70	90

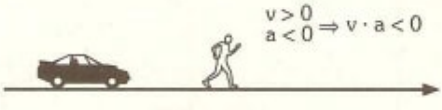


b) Movimiento retardado

Es aquel en el cual el módulo de la velocidad disminuye en el transcurso del tiempo. En ese caso, la velocidad y la aceleración deben tener signos contrarios.

$$\text{movimiento retardado} \iff v \cdot a < 0$$

Como ejemplo un automóvil frenando al aproximarse a una persona.



t(h)	0	0,5	1	1,5
v(km/h)	60	40	20	0

Observación: El hecho que el módulo de la velocidad aumente en el transcurso del tiempo implica que los vectores v y a tienen el mismo sentido; si el módulo de la velocidad disminuye, los v y a tienen sentidos contrarios.

Por tanto, para v = constante, a = 0.

Subido por Leazeel

14 Movimiento uniformemente variado (MUV)

a) Definición

En la mayoría de los movimientos observables en la naturaleza, la velocidad varía durante el transcurso del tiempo.

En este caso, al movimiento se denomina *movimiento variado*. Si en el movimiento de un cuerpo en intervalos de tiempos iguales éste sufre la misma variación de velocidad escalar, se dice que posee un *movimiento uniformemente variado*.

Para que eso ocurra en cualquier intervalo de tiempo, la aceleración escalar media debe ser constante, diferente de cero e igual a la aceleración escalar instantánea.

$$a_m = a = cte \neq 0$$

b) Funciones horarias

1ª) Velocidad en función del tiempo [v = f(t)]

Considerando un móvil que, animado de movimiento uniformemente variado, recorre la trayectoria de la figura.

Donde:

v_0: la velocidad del móvil en el instante $t_0 = 0$ (velocidad inicial);

v: la velocidad del móvil en el instante t.

La aceleración media del móvil en el intervalo de tiempo $\Delta t = t - t_0 = t$ es:

$$a_m = \frac{v - v_0}{t - t_0} \Rightarrow a = \frac{v - v_0}{t} \quad (a_m = a = cte)$$

$$v - v_0 = at \Rightarrow \boxed{v = v_0 + at}$$

Problema de Aplicación

Un punto material en movimiento tiene una velocidad que obedece a la expresión $v = 20 - 4t$ (en unidades del SI). Se pide:

a) la velocidad inicial y la aceleración;

b) la velocidad en el instante 2s;

c) el instante en que el punto material cambia de sentido;

d) la clasificación del movimiento (acelerado o retardado) en el instante 8s.

Solución:

a) La función $v = 20 - 4t$ es de 1º grado; por tanto el movimiento es uniformemente variado. Luego, por comparación:

$$v = 20 - 4t \Rightarrow v_0 = 20m/s$$
$$v = v_0 + at \qquad a = -4m/s^2$$
$$v_0 = 20m/s; \quad a = -4m/s^2$$

Subido por Leazeel

b) Cuando t = 2s:

$v = 20 - 4t \Rightarrow v = 20 - 4 \cdot 2 \Rightarrow v = 12m/s$

c) El punto material cambia de sentido cuando v = 0:

$v = 20 - 4t \Rightarrow 0 = 20 - 4t \Rightarrow t = 5s$

Observe el cuadro:

t (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
v (m/h)	20	16	12	8	4	0	−4	−8

mismo sentido del positivo de la trayectoria (v > 0) | cambia de sentido | sentido contrario al positivo de la trayectoria (v < 0)

d) Cuando t = 8s:

$v = 20 - 4t \Rightarrow v = 20 - 4 \cdot 8 \Rightarrow v = -12m/s$ y $a = -4m/s^2$

Por tanto: $v < 0$, $a < 0$ { movimiento acelerado (velocidad y aceleración tienen signos iguales)

Respuesta: a) $v_0 = 20m/s$; $a = -4m/s^2$ b) 12m/s c) 5s
d) acelerado

PROBLEMAS PROPUESTOS

45 La función de la velocidad de un móvil en movimiento rectilíneo está dada por la expresión v = 50 + 4t (en unidades del SI).
a) ¿Cuál es la velocidad inicial y la aceleración del móvil?
b) ¿Cuál es la velocidad del móvil en el instante 5s?
c) ¿En qué instante la velocidad del móvil es igual a 100m/s?

46 Un punto material en movimiento rectilíneo posee una velocidad que obedece a la función v = 40 − 10t. Determine (en unidades del SI):
a) la velocidad inicial;
b) la aceleración;
c) la velocidad en el instante de 5s;
d) el instante en que el punto material cambia de sentido;
e) la clasificación del movimiento (acelerado o retardado) en los instantes 2s y 6s.

47 La velocidad de un móvil en función del tiempo se indica en la siguiente tabla:

t(s)	0	2	4	6	8	10
v(m/s)	5	9	13	17	21	25

Determine la función horaria de la velocidad de ese móvil.

48 Un móvil parte de un punto de una trayectoria rectilínea con una velocidad de 4m/s y una aceleración constante de $5m/s^2$. Halle su velocidad a los 16s.

49 El maquinista acciona los frenos del tren, reduciendo su velocidad de 80km/h a 60km/h en un intervalo de 1min. Determine, suponiéndola constante, la aceleración del tren en ese intervalo. Exprese la respuesta en km/h^2.

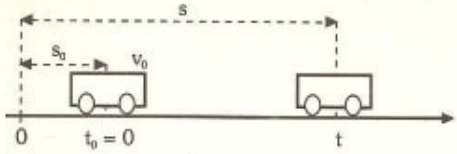
50 Un automóvil marcha a una velocidad de 90km/h y es frenado con una aceleración constante, deteniéndose a los 5s. ¿Cuál es la aceleración producida por los frenos?

51 Un cuerpo recorre una trayectoria rectilínea con una aceleración constante de $4m/s^2$. En el instante inicial su velocidad tiene un valor en módulo de 20m/s. Determine la velocidad del cuerpo a los 30s.

Subido por Leazeel

2ª) Posición en función del tiempo [s = f(t)]

Considerando un cuerpo recorriendo, con movimiento uniformemente variado, la trayectoria de la figura:



Donde:

s_0 = posición del cuerpo en el instante $t_0 = 0$ (posición inicial)

v_0 = velocidad del cuerpo en el instante $t_0 = 0$

a = aceleración

v = velocidad del cuerpo en el instante t

s = posición del cuerpo en el instante t

A partir del gráfico de la función horaria de la velocidad se puede demostrar que la posición del cuerpo, en el transcurso del tiempo, sobre la trayectoria de la figura está dada por la expresión:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

3ª) Aceleración en función del tiempo [a = f(t)]

Un móvil que realiza un movimiento uniformemente variado sufre variaciones de velocidad iguales en intervalos de tiempo iguales.

Para que eso ocurra, la aceleración del cuerpo debe ser constante y diferente de cero.

$$a = cte \neq 0$$

Problemas de Aplicación

1 Un cuerpo se desplaza sobre una trayectoria rectilínea obedeciendo a la función horaria $s = 65 + 2t - 3t^2$ (en unidades del SI). Se pide:

a) la posición inicial, la velocidad y la aceleración del cuerpo;

b) la función horaria de la velocidad;

c) el instante en que el cuerpo pasa por el origen de las posiciones.

Solución:

a) Por comparación:

$$s = 65 + 2t - 3t^2$$
$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\begin{cases} s_0 = 65m \\ v_0 = 2m/s \\ \frac{1}{2}a = -3 \Rightarrow a = -6m/s^2 \end{cases}$$

b) $v = v_0 + at \Rightarrow v = 2 - 6t$

Subido por Leazeel

c) Cuando el cuerpo pasa por el origen de las posiciones, se tiene s = 0. Luego:

$$0 = 65 + 2t - 3t^2 \Rightarrow \begin{cases} t' = 5s \\ t'' = -\cancel{\frac{13}{3}}\,s \end{cases}$$

En Cinemática sólo se trabaja con el tiempo positivo. Por tanto t = 5s.

Respuesta: a) 65m, 2m/s y $-6m/s^2$ b) $v = 2 - 6t$ c) 5s

2 Un automóvil está detenido delante de un semáforo. Inmediatamente después de la señal verde, un camión le pasa con una velocidad constante de 20m/s. En ese exacto instante, el conductor del automóvil arranca con una aceleración de $4m/s^2$ en persecución al camión.

a) ¿En cuánto tiempo el automóvil alcanzará el camión?

b) ¿Cuánto habrá recorrido el automóvil?

Solución:

a) Las funciones horarias del movimiento son:

automóvil (MUV)

$$s_A = s_{0A} + v_{0A}t + \frac{1}{2}a_A t^2 \Rightarrow s_A = 0 + 0 + \frac{1}{2}\cdot 4 \cdot t^2 \Rightarrow s_A = 2t^2$$

camión (MU)

$$s_C = s_{0C} + v_C t \Rightarrow s_C = 0 + 20t \Rightarrow s_C = 20t$$

Cuando el automóvil alcanza el camión, se tiene:

$$s_A = s_C \Rightarrow 2t^2 = 20t$$

$$2t^2 - 20t = 0$$

$$2t\,(t - 10) = 0 \Rightarrow \begin{cases} t = 0 \text{ (no satisface)} \\ t = 10s \end{cases}$$

b) $s_A = 2t^2 \Rightarrow s_A = 2 \cdot 10^2 \Rightarrow s_A = 200m$

Respuesta: a) 10s b) 200m

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

52 Considere las siguientes funciones horarias de la posición, donde s se mide en metros y t, en segundos:
a) $s = 10 + 4t + 3t^2$ c) $s = 1 - t^2$
b) $s = -8 + t - 5t^2$ d) $s = 4t^2$
Halle la función horaria de la velocidad para cada una de ellas.

53 Un cuerpo se desplaza sobre una trayectoria rectilínea obedeciendo a la función horaria
$s = -40 - 2t + 2t^2$ en unidades del SI. Se pide:
a) la posición inicial, la velocidad inicial y la aceleración del cuerpo;
b) la función horaria de la velocidad;
c) el instante en que el cuerpo pasa por el origen de las posiciones.

54 Un móvil se desplaza sobre una trayectoria rectilínea obedeciendo a la función horaria $s = 6 - 5t + t^2$ (en unidades del SI). Determine:
a) la posición del móvil en el instante 5s;
b) el camino recorrido por el móvil entre los instantes 4s y 6s;
c) el instante en que el móvil pasa por la posición 56m.

55 Un ciclista realiza un movimiento uniformemente variado obedeciendo a la función horaria $s = 15 - t + 2t^2$ (en unidades del SI). Determine el instante y la posición en que el ciclista cambia el sentido del movimiento.

56 Un móvil parte con una velocidad de 10m/s y aceleración constante de $6m/s^2$ de la posición 20m de una trayectoria rectilínea. Determine su posición 12s después.

57 Un automóvil recorre una carretera a 45km/h. El conductor quiere pasarle a otro automóvil y acelera uniformemente, hasta alcanzar una velocidad de 90km/h en 10s.
a) ¿Cuál fue la aceleración del automóvil en esos 10s?
b) ¿Cuál es la distancia recorrida por el automóvil en esos 10s?

58 Un tren parte del reposo, del origen de las posiciones de una trayectoria rectilínea, con aceleración constante de $4m/s^2$.
a) ¿Qué velocidad tiene después de 10s?
b) ¿Qué distancia recorrió en 10s?
c) ¿Cuál es la distancia recorrida hasta el instante en que su velocidad alcanza 60m/s?
d) ¿Cuál es su velocidad media en el intervalo de 0s a 10s?

59 En una prueba de competencia, un automóvil consigue alcanzar la velocidad de 40m/s en 5s. Sabiendo que el movimiento es uniformemente acelerado y que el automóvil ha partido del reposo, calcule la distancia recorrida en 14s.

60 Partiendo del reposo en el instante t = 0, un punto material posee una aceleración escalar constante e igual a $2m/s^2$. ¿Cuál es la distancia recorrida por el punto material entre los instantes $t_1 = 1s$ y $t_2 = 2s$?

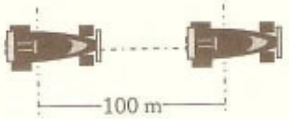
61 Un automóvil viajando con una velocidad escalar de 72km/h frena repentinamente y consigue detenerse a los 4s. Considerando la desaceleración uniforme, ¿cuál es la distancia recorrida por el automóvil durante esos 4 segundos?

62 Un punto material parte del reposo con aceleración constante y 10s después se encuentra a 40m de la posición inicial. Determine:
a) la aceleración del punto material;
b) la velocidad del punto material en el instante 10s.

63 Un ciclista A inicia una corrida a partir del reposo, acelerando $0,5m/s^2$. En ese instante le pasa un ciclista B, con una velocidad constante de 5m/s y en el mismo sentido que el suyo.
a) ¿Cuánto tiempo después de la largada el ciclista A alcanza al ciclista B?
b) ¿Cuál es la velocidad del ciclista A al alcanzar al ciclista B?

64 De una ciudad A parte del reposo hacia una ciudad B un automóvil con movimiento uniformemente acelerado con aceleración de $12km/h^2$. En ese exacto momento parte de B hacia A, en la misma direción, otro automóvil con una velocidad constante de 25km/h. La distancia entre las ciudades A y B es de 469km. Determine:
a) el instante del encuentro;
b) la posición del encuentro.

65 En el gran premio de automovilismo de Japón, 10s antes de que Prost y Senna chocaran, la distancia entre ellos era de 100m. Suponiendo que en ese instante las velocidades de ambos eran iguales y que el piloto que iba adelante mantenía una aceleración constante de $1m/s^2$, ¿cuál fue la aceleración desarrollada por el otro piloto en ese intervalo de tiempo?



Subido por Leazeel

15 Ecuación de Torricelli

Es la ecuación que relaciona la velocidad con el espacio recorrido por el cuerpo en un movimiento uniformemente variado.

Se puede obtener esa ecuación de la siguiente forma:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \qquad ①$$

$$v = v_0 + at \qquad ②$$

Despejando el valor de t en la segunda ecuación y sustituyendo en la primera, se tiene:

$$\text{De } ② \Rightarrow t = \frac{v - v_0}{2a}$$

Sustituyendo en la ecuación ①:

$$s = s_0 + v_0\left(\frac{v - v_0}{a}\right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a}\right)^2$$

Eliminando los paréntesis y reduciendo al mismo denominador, se obtiene:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\,(s - s_0) \Rightarrow \boxed{v^2 = v_0^2 + 2a\,\Delta s}$$

Problema de Aplicación

Un avión, al despegar, recorre, a partir del reposo y sobre la pista, 900m con una aceleración escalar constante de 50m/s². Calcule la velocidad de despegue del avión.

Solución:

Esquema

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \Rightarrow \quad v^2 = 0^2 + 2 \cdot 50 \cdot 900$$

$$v^2 = 90\,000$$

$$v = 300\text{m/s}$$

Respuesta: 300m/s

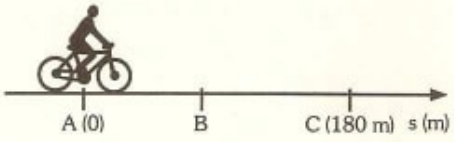
Sólido por Luxel

PROBLEMAS PROPUESTOS

66 Una bicicleta tiene una velocidad inicial de 4m/s y adquiere una aceleración constante de 1,8m/s². ¿Cuál es su velocidad después de recorrer 50m?

67 Un automóvil marcha a una velocidad de 72km/h. Cuando frena, se detiene después de haber recorrido 50m. Calcule la aceleración producida por los frenos.

68 Un ciclista parte del reposo del punto A y, con movimiento uniformemente variado, recorre la pista rectilínea indicada en la figura.
Se sabe que 20s después de la partida él pasa por el punto B con una velocidad de 8m/s.
a) ¿Cuál es la medida de $\overline{AB}$?
b) ¿Cuál es la velocidad del ciclista al pasar por el punto C?



69 Un tren marcha con una velocidad de 90km/h, cuando el maquinista ve un obstáculo que se halla a 125m delante de él.
Calcule el menor módulo de la desaceleración a ser aplicada al tren para que no colisione con el obstáculo.

70 Un automóvil que marcha con una velocidad escalar de 72km/h frena de tal forma que, 6s después del inicio de la frenada, su velocidad escalar es de 8m/s.
a) ¿Cuál es el tiempo empleado por el automóvil hasta detenerse?
b) ¿Cuál es la distancia recorrida por el automóvil hasta detenerse?

71 Un tren parte de una estación y recorre 100m con aceleración constante, alcanzando 20m/s. Determine la aceleración y la duración del proceso.

72 Un móvil con velocidad inicial de 19,8km/h adquiere una aceleración constante de 2,4m/s². Determine la velocidad y el espacio recorrido por el móvil 15s después de haber recibido la aceleración.

16 Gráficos del movimiento uniformemente variado

En este apartado se relacionarán gráficamente la posición, la velocidad y la aceleración con el tiempo.

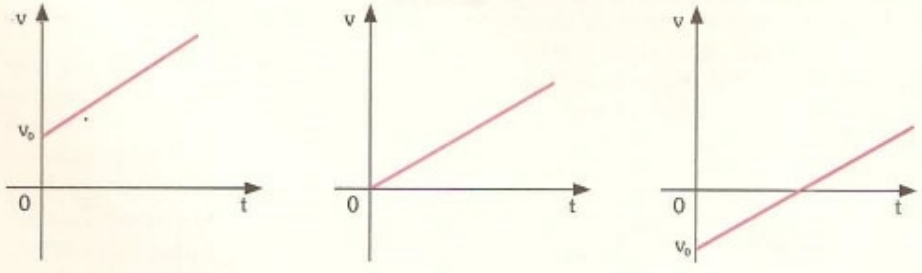
a) Velocidad en función del tiempo [v = f(t)]

La función horaria de la velocidad en el movimiento uniformemente variado es $v = v_0 + at$.

Esta función es de 1º grado en relación al tiempo y el gráfico representativo es una recta.

Se puede tener dos casos:

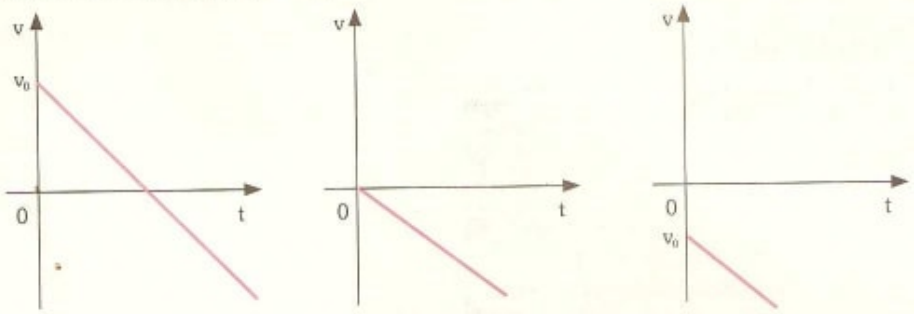
- aceleración positiva (a > 0)



En este caso, la función es creciente.

Subido por Leazeel

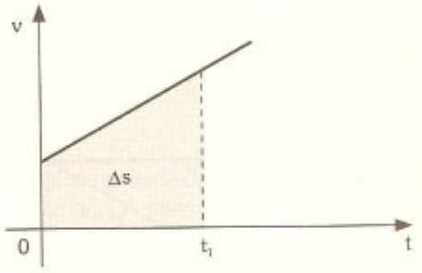
- aceleración negativa ($a < 0$)



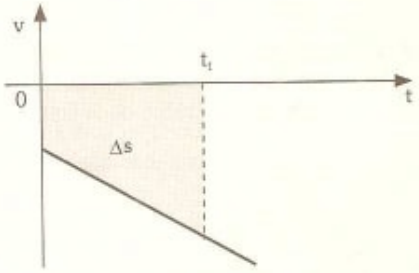
En este caso, la función es decreciente.

Propiedades

1ª) El área limitada por el gráfico representativo y por los ejes coordenados entre los instantes 0 y t_1 es igual al valor numérico del espacio recorrido por el cuerpo entre esos instantes.

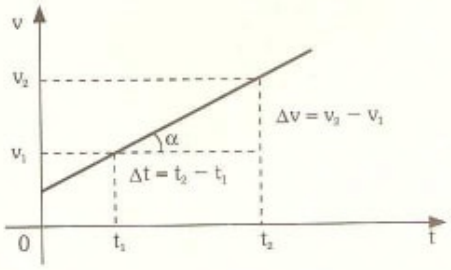


área del trapecio = $\Delta s > 0$



área del trapecio = $\Delta s < 0$

2ª) La tangente del ángulo α representa numéricamente la aceleración.

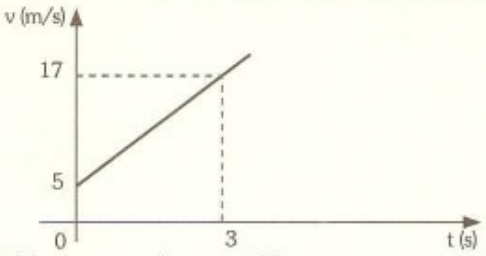


$$\text{tg } \alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\text{tg } \alpha = a}$$

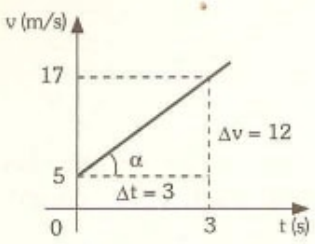
Subido por Léazeel

Problemas de Aplicación

1 La velocidad de un cuerpo en el transcurso del tiempo está dada por el gráfico.



Halle la velocidad del cuerpo en el instante 10s.



Solución:

Del gráfico se tiene:

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{3} \Rightarrow a = 4\text{m/s}^2$$

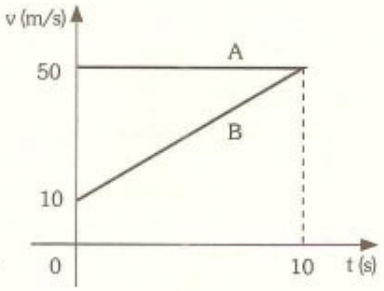
$v_0 = 5\text{m/s}$

Luego:

$$v = v_0 + at \Rightarrow v = 5 + 4t \Rightarrow v = 5 + 4 \cdot 10 \Rightarrow v = 45\text{m/s}$$

Respuesta: 45m/s

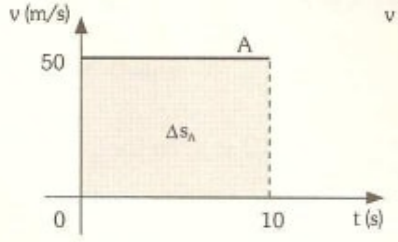
2 Dos móviles, A y B, parten del origen en el mismo instante $t_0 = 0$, siguiendo la misma trayectoria rectilínea. Sus velocidades varían con el tiempo de acuerdo con el gráfico de la figura.

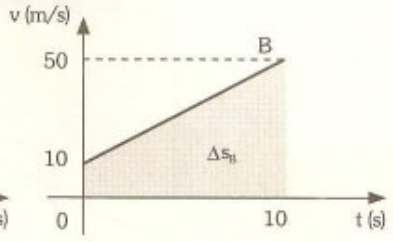


Calcule la distancia entre ellos después de 10s de movimiento.

Solución:

En el gráfico v = f(t) el área bajo la recta proporciona numéricamente el espacio recorrido. Luego:





Δs_A = área del rectángulo $\Rightarrow \Delta s_A = 10 \cdot 50 \Rightarrow \Delta s_A = 500\text{m}$

Δs_B = área del trapecio $\Rightarrow \Delta s_B = \dfrac{(50 + 10) \cdot 10}{2} \Rightarrow \Delta s_B = 300\text{m}$

Como ambos parten del origen (mismo punto), la distancia entre ellos está dada por:

$$d = \Delta s_A - \Delta s_B \Rightarrow d = 500 - 300 = 200\text{m}$$

Respuesta: 200m

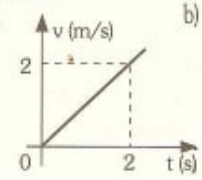
Subido por Leazeel

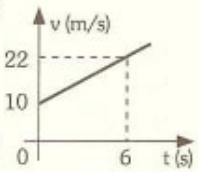
PROBLEMAS PROPUESTOS

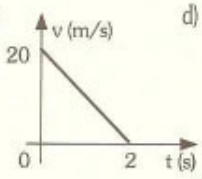
73 Un punto material en movimiento rectilíneo tiene una velocidad dada por la ecuación $v = 4 + 2t$ (en unidades del SI). Construya el gráfico de esa función.

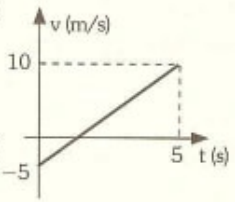
74 La función horaria de la velocidad de un cuerpo en movimiento es $v = 40 - 10t$ (en unidades del SI). Construya el gráfico $v = f(t)$.

75 En cada caso, determine la función horaria de la velocidad:

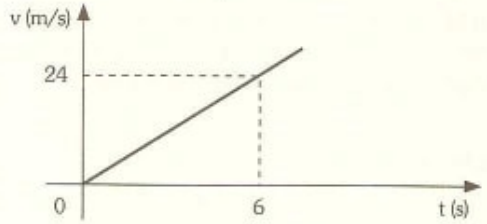
a)


b)


c)


d)


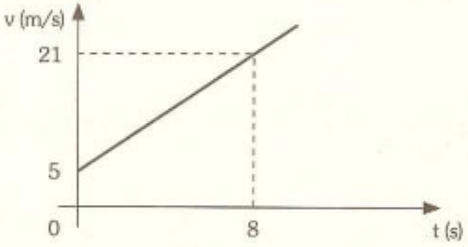
76 El gráfico representa la velocidad de un punto material en función del tiempo.



a) Halle la velocidad del punto material en el instante 10s.

b) Determine el instante en que la velocidad del punto material es de 80m/s.

77 Un móvil realiza un MUV y su velocidad varía con el tiempo de acuerdo con el gráfico.



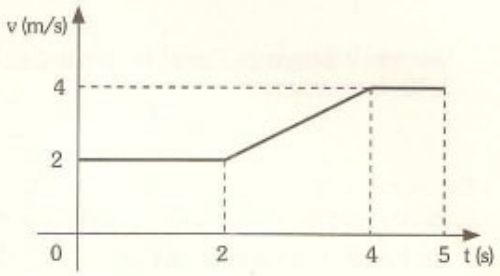
Calcule:

a) la función horaria de la velocidad;

b) el espacio recorrido de 0s a 8s;

c) la velocidad media del móvil en el intervalo de 0s a 8s.

78 Un punto material se mueve sobre una trayectoria rectilínea y su velocidad varía con el tiempo de acuerdo con el siguiente diagrama:



Determine la distancia recorrida por el punto material entre los instantes 0s y 5s.

79 La tabla muestra los valores de la velocidad de un atleta en los segundos iniciales de una corrida en función del tiempo.

t(s)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
v(m/s)	0,0	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0

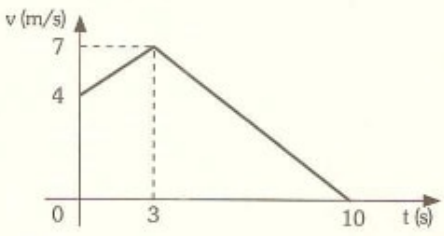
a) Trace un gráfico de la velocidad del atleta en función del tiempo.

b) Calcule la aceleración del atleta en los primeros 5s de la corrida.

80 El gráfico muestra un punto material que se mueve en una trayectoria rectilínea.

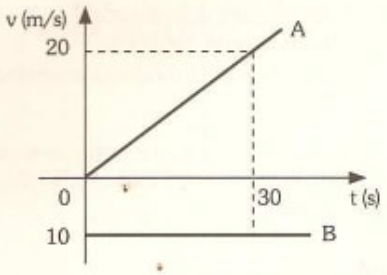
a) ¿Cuál es la aceleración del punto material en los intervalos 0s a 3s y de 3s a10s?

b) ¿Cuál es la velocidad escalar media en el intervalo de 0s a 10s?



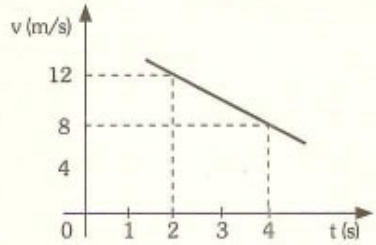
Subido por Leazeel

81 Dos móviles, A y B, parten simultáneamente de un mismo punto y se desplazan en una trayectoria con velocidades que se indican en el gráfico:



Determine la distancia que separa los móviles después de 30s de movimiento.

82 En el instante t = 0, un móvil está con velocidad escalar v_0. Continúa en movimiento uniformemente variado hasta alcanzar el reposo. La figura representa, parcialmente, el gráfico de la velocidad escalar del móvil en función del tiempo t.



a) Determine el valor de v_0.
b) Determine la distancia recorrida por el móvil a partir de t = 2s hasta detenerse.

b) Posición en función del tiempo [s = f(t)]

La función horaria de las posiciones del movimiento uniformemente variado es: $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$.

Como esta función es de 2º grado en relación al tiempo, su gráfico representativo es una parábola.

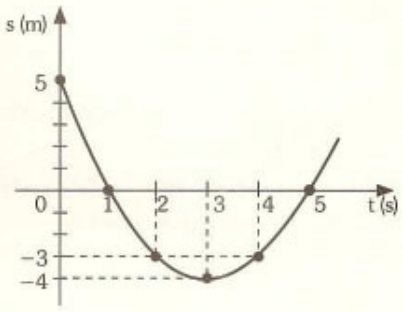
Problemas de Aplicación

1 Un móvil realiza un MUV sobre una trayectoria rectilínea obedeciendo a la función horaria $s = 5 - 6t + t^2$ (en unidades del SI). Construya el gráfico de esa función y efectúe un estudio del movimiento.

Solución:

Dando valores a la función, se tiene:

t	s	
0	5	
1	0	raiz de la función
2	−3	
3	−4	abscisa del vértice / ordenada del vértice
4	−3	
5	0	raiz de la función



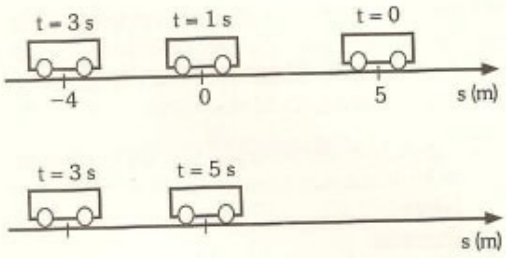
Recuerde que la abscisa y la ordenada del vértice de la función cuadrática $y = ax^2 + bx + c$ son dadas por:

$$x_v = -\frac{b}{2a} \quad e \quad y_v = -\frac{\Delta}{4a}$$

Subido por Leazeel

Estudio del movimiento:

- La parábola tiene la concavidad dirigida hacia arriba porque la aceleración es positiva ($a = 2m/s^2$).
- El móvil parte de la posición igual a 5m, se dirige en sentido contrario a la trayectoria positiva con velocidad inicial de $-6m/s$.
- En el intervalo de 0s a 3s el movimiento es retardado ($v < 0$ y $a > 0$). Las posiciones decrecen algebraicamente con el tiempo.
- El móvil cambia de sentido cuando $t = 3s$, esto es, cuando $v = 0$.
- En el intervalo $t > 3s$ las posiciones crecen algebraicamente con el tiempo ($v > 0$) y el movimiento es acelerado.
- El móvil pasa por el origen de las posiciones ($s = 0$) en los instantes 1s y 5s.



Respuesta: Vea la solución.

2 La función horaria de las posiciones de un punto material sobre una trayectoria rectilínea es $s = -42 + 20t - 2t^2$ (en unidades del SI). Construya el gráfico de esa función y efectúe un estudio del movimiento.

Solución:

En la tabla se ubican solamente los valores 0 (cero), las raíces de la función y la abscisa del vértice.

Cálculo de la abscisa y de la ordenada del vértice:

$$x_v = -\frac{b}{2a} = -\frac{20}{2(-2)} = 5$$

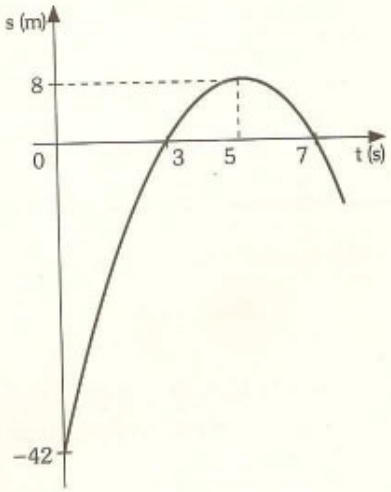
$$y_v = -\frac{\Delta}{4a} = -\frac{(400 - 336)}{4(-2)} = 8$$

Cálculo de las raíces:

$$-2t^2 + 20t - 42 = 0 \Rightarrow \begin{cases} t' = 3s \\ t'' = 7s \end{cases}$$

Luego:

t	s
0	−42
3	0
5	8
7	0



Estudio del movimiento:

- La parábola tiene la concavidad dirigida hacia abajo porque la aceleración es negativa ($a = -4m/s^2$).
- El punto material parte de la posición inicial igual a $-42m$ y se dirige hacia el sentido positivo de la trayectoria con velocidad inicial de $20m/s$.
- En el intervalo de 0s a 5s el movimiento es retardado ($v > 0$ y $a < 0$). Las posiciones aumentan algebraicamente con el tiempo.
- El punto material cambia de sentido ($v = 0$) cuando $t = 5s$.
- Para $t > 5s$ el movimiento es acelerado ($v < 0$ y $a < 0$). Las posiciones disminuyen algebraicamente con el tiempo.
- El punto material pasa por el origen de las posiciones ($s = 0$) en los instantes $t = 3s$ y $t = 7s$.

Respuesta: Vea la solución.

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

83 Un móvil realiza MUV sobre una trayectoria rectilínea obedeciendo a la función horaria $s = 12 - 8t + t^2$ (en unidades del SI). Construya el gráfico de esa función y efectúe un estudio del movimiento.

84 Un cuerpo realiza MUV sobre una trayectoria rectilínea obedeciendo a la función horaria $s = 30 + 9t - 3t^2$ (en unidades del SI). Construya el gráfico de esa función y efectúe un estudio del movimiento.

85 El gráfico representativo de la posición de un cuerpo en MUV sobre una trayectoria rectilínea se indica en la figura.

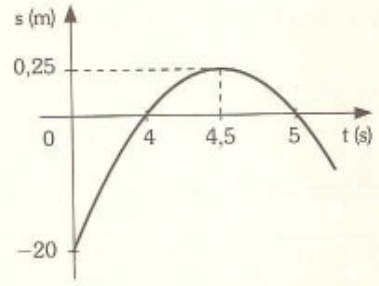
Determine:

a) la posición inicial del cuerpo;

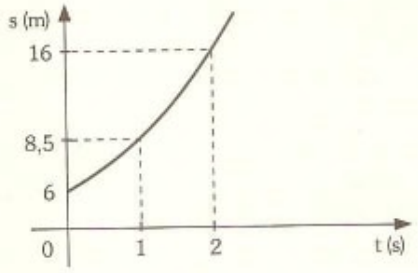
b) el instante en que el cuerpo cambia de sentido;

c) los instantes en que pasa por el origen;

d) en qué intervalo de tiempo el movimiento es acelerado.

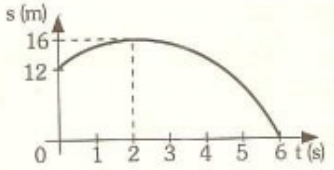


86 Para un móvil que parte del reposo se tiene el gráfico de su posición en función del tiempo.



Determine la función horaria de las posiciones de ese movimiento.

87 El gráfico representa la posición de un móvil con movimiento rectilíneo de aceleración constante.



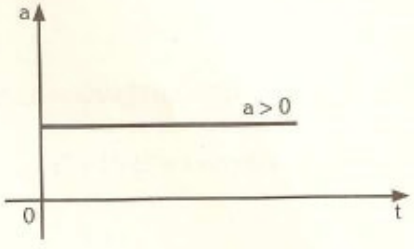
a) Determine la función horaria de las posiciones de ese movimiento.

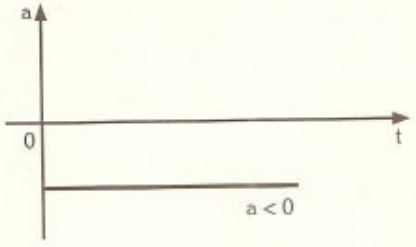
b) Halle la velocidad de ese móvil a los 3s.

c) Aceleración en función del tiempo [a = f(t)]

Se sabe que en el movimiento uniformemente variado la aceleración es constante y diferente de cero.

Por tanto el gráfico tiene las formas:

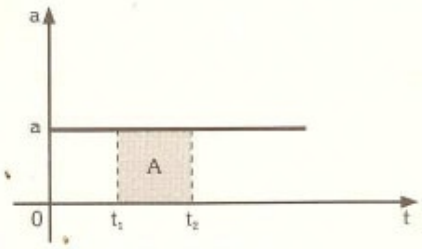




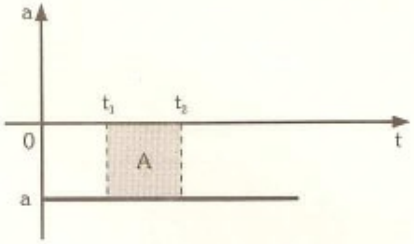
Subido por Leazeel

Propiedad

En el gráfico de la aceleración, el área A, sombreada, mide numéricamente la variación de la velocidad entre los instantes t_1 y t_2.



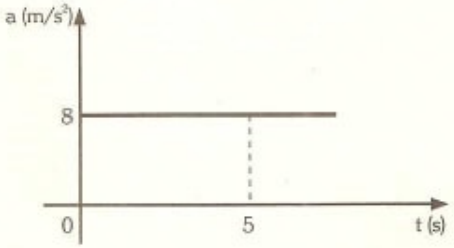
$A = \Delta v \ (\Delta v > 0)$



$A = \Delta v \ (\Delta v < 0)$

Problema de Aplicación

Un móvil en movimiento sobre una trayectoria rectilínea tiene aceleración en función del tiempo dada por el gráfico.



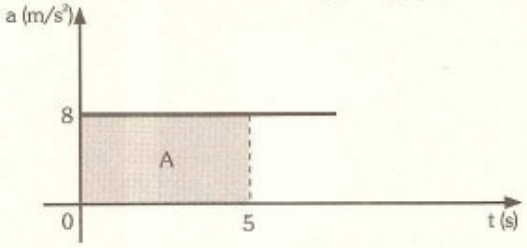
Determine la variación de la velocidad del móvil en los primeros 5s del movimiento.

Solución:

El área A es igual a la variación de la velocidad entre 0s y 5s. Luego:

$$A = \Delta v \Rightarrow \Delta v = 5 \cdot 8$$

$$\Delta v = 40 m/s$$

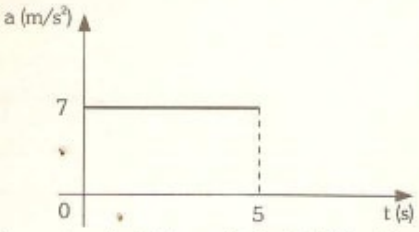


Respuesta: 40m/s

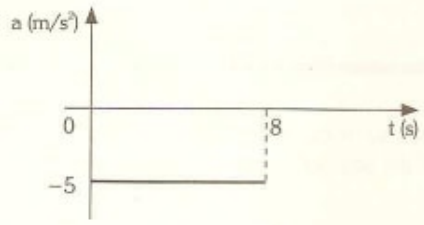
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

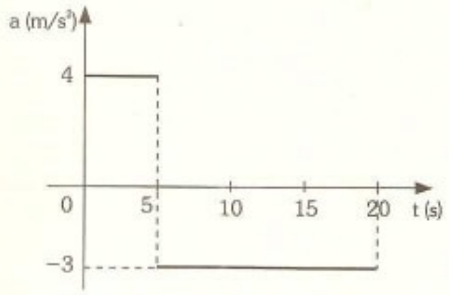
88 La aceleración de un cuerpo está dada por el gráfico. Calcule la variación de la velocidad del cuerpo en los primeros 5s.



89 Un punto material tiene velocidad inicial de 40m/s y aceleración dada por el gráfico. Halle la velocidad del punto material en el instante 8s.



90 El gráfico de la aceleración de un móvil en movimiento rectilíneo se indica en la figura.



Sabiendo que su velocidad inicial es cero, determine:

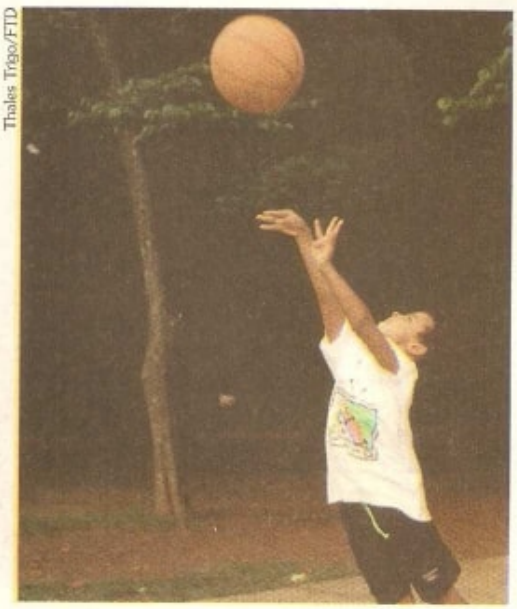
a) la aceleración media en el intervalo 0 ⊢⊣ 20s;

b) el gráfico de la velocidad en función del tiempo.

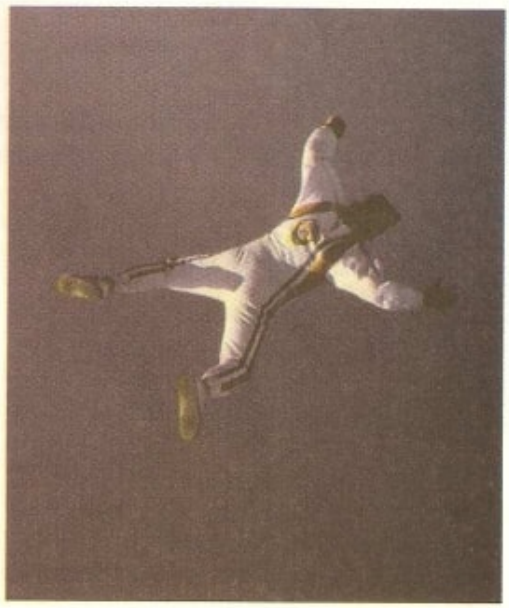
17 Caída de los cuerpos

Cuando se lanza un cuerpo verticalmente hacia arriba se observa que él sube hasta cierta altura y después cae porque es atraído por la Tierra.

De la misma forma se verifica que un cuerpo cae al ser abandonado de una determinada altura porque es atraído por la Tierra.



Thales Trigo/FTD



Alain Ernoult/Gamma/Sigla

Subido por Leazeel

Los cuerpos son atraídos por la Tierra porque en torno a ella hay una región llamada *campo gravitacional* que ejerce atracción sobre ellos.

Se denomina *caída libre* al movimiento de subida o de bajada que los cuerpos realizan en el *vacío*, en las proximidades de la superficie de la Tierra

Se puede también despreciar a la resistencia del aire al movimiento de los cuerpos, durante la subida o la bajada y, en este caso, se los considera como en caída libre.

Estudiando el movimiento de un cuerpo en caída libre, Galileo Galilei llegó a las siguientes conclusiones:

- Las distancias recorridas por un cuerpo en caída libre son proporcionales al cuadrado de los tiempos utilizados en recorrerlas, esto es, la función horaria de las posiciones es de 2º grado.

- Todos los cuerpos, independientemente de su masa, forma o tamaño, caen con aceleración constante e igual.

La aceleración constante de un cuerpo en caída libre es denominada *aceleración de la gravedad* y se representa por la letra "g".

Conclusión:

Si la aceleración de la gravedad es constante y la función horaria de las posiciones es de 2º grado, la caída libre es un MRUV y, por tanto, valen todas las funciones y conceptos de ese movimiento.

La aceleración de la gravedad disminuye con la altura y, al nivel del mar, tiene el valor aproximado de $9{,}8 m/s^2$.

A pesar de eso se acostumbra, para efecto de cálculos, considerar $g = 10 m/s^2$.

La aceleración de la gravedad varía también cuando se pasa del ecuador ($g = 9{,}78 m/s^2$) al polo ($g = 9{,}83 m/s^2$).

Para estudiar la caída de los cuerpos se consideran dos casos: lanzamiento vertical hacia arriba y lanzamiento vertical hacia abajo.

a) Lanzamiento vertical hacia arriba (ascenso de los cuerpos)

Un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba realiza durante la subida un movimiento rectilíneo uniformemente retardado, pues el módulo de su velocidad disminuye en el transcurso del tiempo.

Alain Ernoult/Gamma/Sigla

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Un cuerpo es lanzado del suelo verticalmente hacia arriba, con una velocidad inicial de 30m/s. Despreciando a la resistencia del aire y admitiendo que $g = 10m/s^2$, calcule:

a) el tiempo utilizado por el cuerpo para alcanzar la altura máxima;

b) la altura máxima alcanzada en relación al suelo;

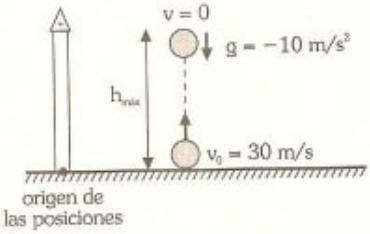
c) el tiempo utilizado por el cuerpo para retornar al suelo;

d) la velocidad al llegar al suelo;

e) la construcción de los gráficos $s = f(t)$ y $v = f(t)$.

Solución:

a) Adoptando la trayectoria indicada, se tiene:



• Funciones horarias:

$$s = f(t) \Rightarrow s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \Rightarrow s = 0 + 30t + \frac{1}{2}(-10)t^2$$

$$s = 30t - 5t^2$$

$$v = f(t) \Rightarrow v = v_0 + gt \Rightarrow v = 30 - 10t$$

En la altura máxima, $v = 0$. Luego:

$$v = 30 - 10t \Rightarrow 0 = 30 - 10t \Rightarrow 10t = 30 \Rightarrow t = 3s$$

b) $s = ?$ cuando $t = 3s$

$$s = 30t - 5t^2 \Rightarrow s = 30 \cdot 3 - 5 \cdot 3^2 \Rightarrow s = 90 - 45 \Rightarrow s = 45m$$

c) En el suelo, $s = 0$:

$$s = 30t - 5t^2 \Rightarrow 0 = 30t - 5t^2 \Rightarrow 0 = 5t(6 - t) \Rightarrow t = 0 \text{ (no satisface)}$$

$$t = 6s$$

d) $v = ?$ cuando $t = 6s$

$$v = 30 - 10t \Rightarrow v = 30 - 10 \cdot 6 \Rightarrow v = 30 - 60$$

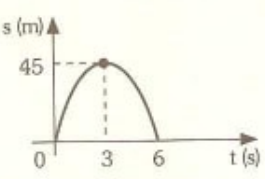
$$v = -30m/s$$

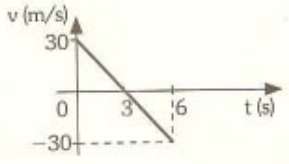
Observe que:

• el tiempo de subida es igual al tiempo de bajada;

• la velocidad de salida es igual a la velocidad de llegada (en módulo).

e)



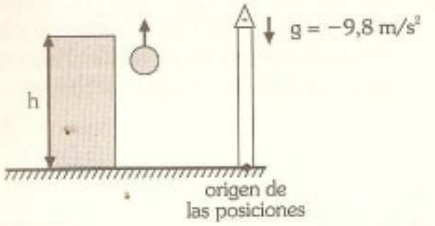


Respuesta: a) 3s b) 45m c) 6s d) −30m/s e) Vea solución

Subido por Leazeel

2 Una piedra es lanzada verticalmente hacia arriba, de lo alto de un edificio, con una velocidad inicial de 19,6m/s. Transcurridos 6s del lanzamiento, ella llega al suelo. Siendo $g = 9,8m/s^2$, determine la altura alcanzada en relación al punto de lanzamiento. Desprecie a la resistencia del aire.

Solución:



En el suelo, $s = 0$. Luego:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 = h + 19,6 \cdot 6 + \frac{1}{2}(-9,8) \cdot 6^2$$

$$0 = h + 117,6 - 176,4$$

$$h = 58,8m$$

Respuesta: 58,8m

PROBLEMAS PROPUESTOS

91 Un móvil es lanzado del suelo verticalmente con una velocidad inicial de 40m/s. Despreciando la resistencia del aire y adoptando $g = 10m/s^2$, calcule:
a) el tiempo utilizado por el cuerpo para alcanzar la altura máxima;
b) la altura máxima alcanzada en relación al suelo;
c) el tiempo utilizado por el cuerpo para retornar al suelo;
d) la velocidad al tocar el suelo;
e) la construcción de los gráficos $s = f(t)$ y $v = f(t)$.

92 Un jugador de béisbol imprime una velocidad $v_0 = 30,48m/s$ a una pelota, que sube verticalmente. ¿Qué altura máxima alcanzará la pelota? Considere $g = 9,8m/s^2$.

93 Una pelota es lanzada de abajo hacia arriba desde una altura de 25m en relación al suelo, con velocidad de 20m/s. Adoptando $g = 10m/s^2$, calcule:
a) el tiempo de subida;
b) la altura máxima en relación al suelo;
c) el tiempo empleado para llegar al suelo;
d) el tiempo empleado al pasar por la posición 35m durante la bajada.

94 Un móvil es lanzado del suelo verticalmente hacia arriba y retorna al lugar del lanzamiento después de 12s. Adoptando $g = 10m/s^2$, calcule:
a) la velocidad de lanzamiento;
b) la altura máxima alcanzada en relación al suelo.

95 Un cuerpo es lanzado del suelo verticalmente hacia arriba, en el vacío, con una velocidad inicial de 50m/s, en un lugar donde $g = 10m/s^2$. ¿En qué instante del descenso el cuerpo pasa por un punto de la trayectoria situado a 45m del suelo?

96 Un globo aerostático que posee una velocidad ascendente de 10m/s, al pasar por la altura de 50m, suelta un cuerpo. Considere $g = 10m/s^2$.
a) ¿Cuál es el tiempo empleado por el cuerpo para alcanzar el suelo?
b) ¿Cuál es la velocidad del cuerpo al llegar al suelo?

97 Determine con qué velocidad se debe lanzar un móvil verticalmente hacia arriba para que alcance una altura de 500m en 20s. Adopte $g = 10m/s^2$.

98 Un malabarista de circo desea tener tres bolas en el aire en todos los instantes. Él lanza una bola cada 0,40s. Adopte $g = 10m/s^2$.
a) ¿Cuánto tiempo cada bola está en el aire?
b) ¿Con qué velocidad inicial debe el malabarista lanzar cada bola hacia arriba?
c) ¿A qué altura se elevará cada bola arriba de sus manos?

Subido por Leazeel

99 Un ascensor sube y, en el instante en que se encuentra a 30m del suelo, su velocidad escalar es de 5m/s. En ese mismo instante se rompe el cabo de sustentación y el ascensor queda libre de cualquer resistencia. Adoptando $g = 10m/s^2$, determine el tiempo que él utiliza para alcanzar el suelo.

100 En el vacío, supóngase un corpúsculo que se ha lanzado verticalmente hacia arriba. Suponiendo que $g = 10m/s^2$, ¿cuál es la menor velocidad escalar para que el referido corpúsculo alcance la altura de 180m en relación al punto inicial?

101 Dos bolitas son lanzadas verticalmente hacia arriba, a partir de una misma altura, con la misma velocidad inicial de 15m/s, pero con un intervalo de tiempo de 0,5s entre los lanzamientos. ¿Cuál es el instante del encuentro en relación al lanzamiento de la primeira bolita? Adopte $g = 10m/s^2$.

b) Lanzamiento vertical hacia abajo

Un cuerpo lanzado verticalmente hacia abajo realiza un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, pues el módulo de su velocidad aumenta durante el transcurso del tiempo.

Problema de Aplicación

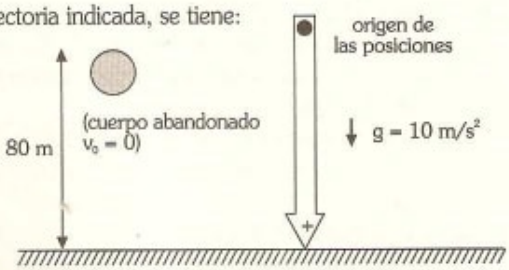
Se abandona un cuerpo de lo alto de una torre de 80m de altura. Despreciando la resistencia del aire y adoptando $g = 10m/s^2$, determine:

a) el tiempo utilizado por el cuerpo para alcanzar el suelo;

b) la velocidad del cuerpo al alcanzar el suelo.

Solución:

a) Adoptando la trayectoria indicada, se tiene:



• Funciones horarias

$$s = f(t) \Rightarrow s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \Rightarrow s = 0 + 0 + \frac{1}{2} 10t^2$$

$$s = 5t^2$$

$$v = f(t) \Rightarrow v = v_0 + gt \Rightarrow v = 0 + 10t \Rightarrow v = 10t$$

En el suelo, $s = 80m$.

$$s = 5t^2 \Rightarrow 80 = 5t^2 \Rightarrow t^2 = 16 \Rightarrow t = \pm 4 \therefore t = 4s$$

b) $v = 10t \Rightarrow v = 10 \cdot 4 \Rightarrow v = 40m/s$

Respuesta: a) 4s b) 40m/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

102 Se abandona un cuerpo de lo alto de una montaña de 180m de altura. Despreciando a la resistencia del aire y adoptando $g = 10m/s^2$, determine:

a) el tiempo utilizado por el cuerpo para llegar al suelo;

b) la velocidad del cuerpo al llegar al suelo.

103 Un cuerpo es lanzado verticalmente hacia abajo desde una altura de 112m y con una velocidad inicial de 8m/s. Siendo $g = 10m/s^2$, calcule:

a) su posición en relación al suelo en el instante 3s;

b) su velocidad en el instante del item anterior;

c) su velocidad al tocar el suelo;

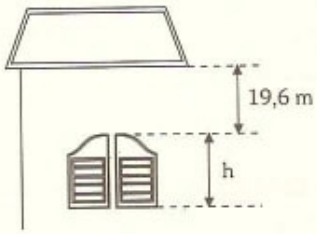
Subido por Leazeel

d) el instante en que él se encuentra a 76m del suelo.

104 Un gato consigue salir ileso de muchas caídas. Suponga que la mayor velocidad con la cual él puede alcanzar el suelo sin que se lastime sea de 8m/s. Despreciando la resistencia del aire y adoptando $g = 10m/s^2$, calcule la altura máxima de caída para que el gato no sufra daño alguno.

105 Un cuerpo, abandonado de una altura H, emplea 7s en llegar al suelo. Siendo $g = 9,8m/s^2$, calcule el valor de H.

106 Una piedra cae del tejado de una casa y recorre la altura hasta una ventana, colocada a 19,6m hacia abajo, en un tiempo de 0,1s.
Determine la altura h de la ventana. Adopte $g = 9,8m/s^2$.



107 Dos cuerpos son lanzados simultáneamente de un mismo punto, de arriba hacia abajo, con velocidades de 24,85m/s y 10m/s, respectivamente. La aceleración de gravedad es $9,7m/s^2$. Calcule las distancias recorridas por los dos cuerpos, cuando la velocidad del primero se vuelve el doble de la del segundo.

108 Una piedra cae en un pozo y el observador escucha el sonido de la piedra en el fondo después de 9s. Admitiendo una aceleración de gravedad igual a $10m/s^2$ y que la velocidad del sonido en el aire es de 320m/s, determine la profundidad del pozo.

109 Un pequeño objeto lanzado del piso 15 de un edificio cae, despreciando a la resistencia del aire. Un segundo después del lanzamiento el objeto es visto que pasa delante de la ventana del piso 14. ¿Delante de la ventana de qué piso él pasará 2s después del lanzamiento? Admita $g = 10m/s^2$.

110 En un lugar donde la aceleración de la gravedad es $10m/s^2$, se deja caer libremente una piedra de una altura de 125m en dirección al suelo. Dos segundos después, una segunda piedra es lanzada de la misma altura, verticalmente, hacia abajo. Sabiendo que esas dos piedras alcanzan el suelo al mismo tiempo, calcule la velocidad con que la segunda piedra fue lanzada.

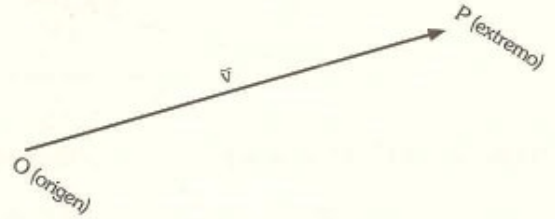
Capítulo **2**

Cinemática vectorial

1 Vector

Es el símbolo matemático utilizado para representar el módulo, la dirección y el sentido de una magnitud física vectorial.

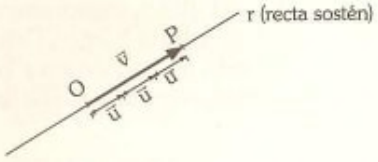
Se representa un vector por medio de una flecha.



Se indica: $\overline{v} = \overrightarrow{OP} = P - O$.

Subido por Leazeel

Todo vector tiene tres elementos principales:



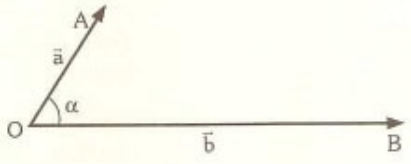
- módulo $| \bar{v} | = v = 3u$;
- dirección de la recta r;
- sentido de O hacia P.

El módulo de un vector es la medida de la flecha que él representa. En la representación anterior el módulo del vector $\bar{v}$ es igual a tres unidades de medida.

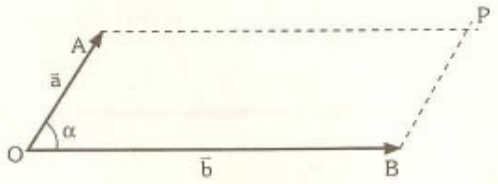
2 Operaciones con vectores

a) Adición de dos vectores concurrentes

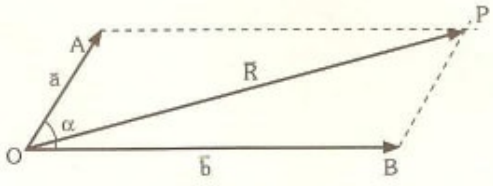
Dados los vectores $\bar{a}$ y $\bar{b}$ se obtiene el vector suma $\bar{R}$, tal que $\bar{R} = \bar{a} + \bar{b}$.



Se traza por el extremo de cada vector una paralela al otro vector:



El *vector suma* o *resultante* $\bar{R}$ tiene origen en el punto O y extremo en el punto de intersección de las dos paralelas trazadas. Este método *se llama método del paralelogramo.*



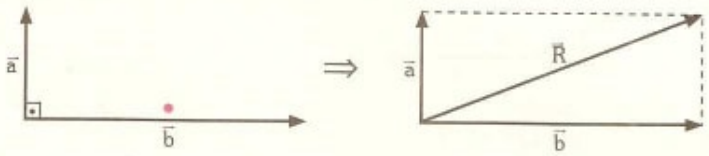
El vector suma $\bar{R}$ tiene las siguientes características:

módulo $\Rightarrow R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}$
dirección $\Rightarrow$ de la recta OP
sentido $\Rightarrow$ de O hacia P

Subido por Leazeel

La expresión del módulo del vector $\vec{R}$ se puede demostrar a partir de la ley de los cosenos en el triángulo OBP.

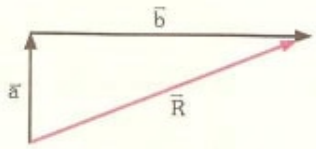
Si los vectores $\vec{a}$ y $\vec{b}$ son perpendiculares, para hallar el módulo del vector suma basta aplicar el teorema de Pitágoras.



$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Observación:

El vector suma $\vec{R}$ puede ser representado por el segmento orientado cuyo origen coincide con el origen del primero y cuyo extremo coincide con el extremo del segundo.



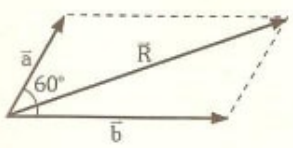
Este método se llama *regla del polígono*.

Problema de Aplicación

Determine el módulo del vector suma de dos vectores que forman entre sí un ángulo de 60° y cuyos módulos son 6m y 8m.

Solución:

Siendo $\begin{cases} a = 6m \\ b = 8m \\ \alpha = 60° \end{cases}$



$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\alpha}$$

$$R = \sqrt{6^2 + 8^2 + 2 \cdot 6 \cdot 8 \cos 60°}$$

$$R = \sqrt{36 + 64 + 96 \cdot \frac{1}{2}}$$

$$R = \sqrt{148}m \text{ o } R = 2\sqrt{37}m$$

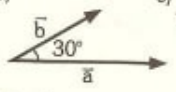
Respuesta: $2\sqrt{37}m$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

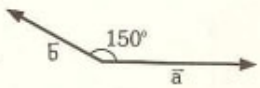
111 Determine el módulo del vector suma de $\vec{a} = 14$cm y $\vec{b} = 10$cm, en cada caso:

a)



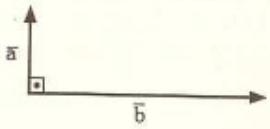
Siendo:
$\cos 30° = 0{,}8$

b)

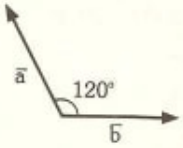


Siendo:
$\cos 150° = -0{,}8$

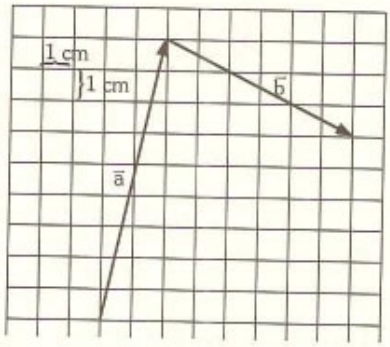
112 Halle el módulo del vector suma de los vectores $\vec{a}$ y $\vec{b}$ indicados en la figura. Siendo: a = 6m y b = 8m.



113 Siendo a = 12cm y b = 8cm, calcule el módulo del vector $\vec{R} = \vec{a} + \vec{b}$. Dato: $\cos 120° = -\frac{1}{2}$.



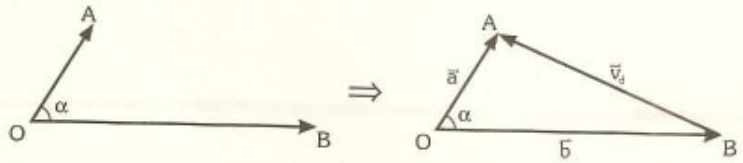
114 En la figura, los vectores $\vec{a}$ y $\vec{b}$ representan desplazamientos sucesivos de un cuerpo. Determine el módulo del vector $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$.



115 ¿Se pueden combinar dos vectores de módulos iguales para que se tenga una resultante nula? ¿Y tres vectores de módulos iguales?

b) Sustracción entre dos vectores

Considerando los vectores $\vec{a} = A - O$ y $\vec{b} = B - O$, que forman entre sí un ángulo α.



El vector diferencia $\vec{v}_d = \vec{a} - \vec{b}$ está dado por:

$\vec{v}_d = \vec{a} - \vec{b} \Rightarrow \vec{v}_d = (A - O) - (B - O)$

$\vec{v}_d = A - B$

origen

extremo

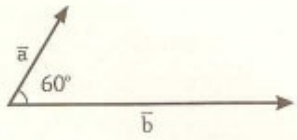
Algebraicamente, el vector $\vec{v}_d$ está dado por:

módulo: $v_d = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}$
dirección: de la recta AB
sentido: de B hacia A

Subido por Leazeel

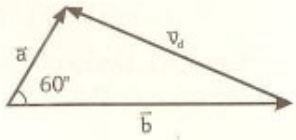
Problema de Aplicación

Se dan los vectores $\vec{a}$ y $\vec{b}$ de módulos 4m y 6m, respectivamente.



Calcule el módulo del vector $(\vec{a} - \vec{b})$.

Solución:



$$\text{Datos} \begin{cases} a = 4m \\ b = 6m \\ \cos 60° = \dfrac{1}{2} \end{cases}$$

$$v_d = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\alpha} \Rightarrow v_d = \sqrt{4^2 + 6^2 - 2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot \frac{1}{2}}$$

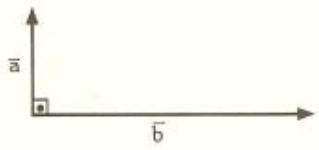
$$v_d = 2\sqrt{7}m$$

Respuesta: $2\sqrt{7}m$

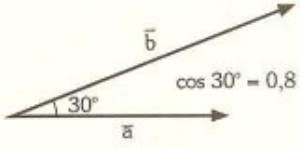
PROBLEMAS PROPUESTOS

116 En cada caso, halle el módulo del vector $(\vec{a} - \vec{b})$, sabiendo que a = 6cm y b = 10cm.

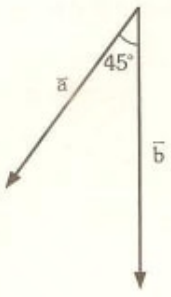
a)



b)



117 Halle el módulo del vector $(\vec{b} - \vec{a})$ de los vectores de la figura.



cos 45° = 0,7

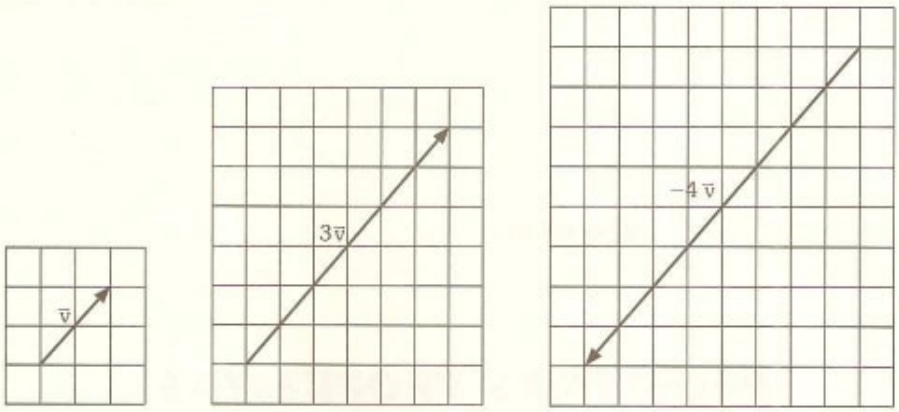
Subido por Leazeel

c) Producto de un escalar por un vector

Cuando se multiplica un número a por un vector $\overline{v}_1$, se obtiene otro vector $\overline{v}_2$, tal que:

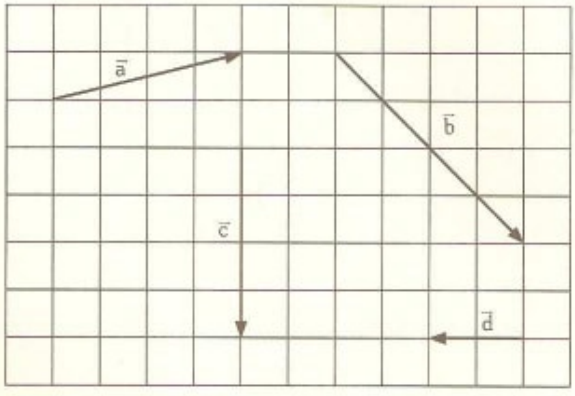
intensidad: $v_2 = a \cdot v_1$
dirección: la misma de $\overline{v}_1$
sentido: $\begin{cases} \text{si } a > 0, \text{ el mismo de } \overline{v}_1 \\ \text{si } a < 0, \text{ contrario al de } \overline{v}_1 \end{cases}$

Ejemplo: Dado el vector $\overline{v}$, indicado en la figura, se tiene:



PROBLEMAS PROPUESTOS

118 Sean los vectores de la figura:



Determine geométricamente los siguientes vectores:

a) $\overline{A} = \overline{a} + \overline{b} + \overline{d}$
b) $\overline{B} = \overline{b} + \overline{c} + \overline{d}$
c) $\overline{M} = 2\overline{a} + 3\overline{c}$
d) $\overline{N} = 2\overline{b} + \overline{c} - 4\overline{d}$

Subido por Leazeel

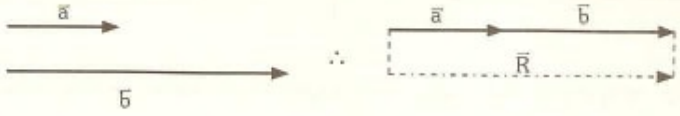
3 Vector opuesto

Se denomina *vector opuesto* de un vector al vector $-a$ con las siguientes características:

$-\vec{a}$ { igual módulo de $\vec{a}$ / igual dirección de $\vec{a}$ / sentido contrario al de $\vec{a}$

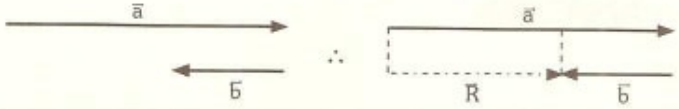
Observaciones:

1ª) Si dos vectores tienen la misma dirección y el mismo sentido, el vector resultante será:



En módulo: $R = a + b$

2ª) Si dos vectores tienen la misma dirección y sentidos contrarios, el vector resultante será:

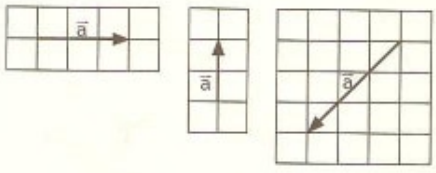


En módulo: $R = a - b$

PROBLEMAS PROPUESTOS

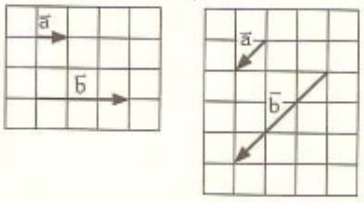
119 En cada caso halle el vector opuesto de $\vec{a}$.

a) b) c)



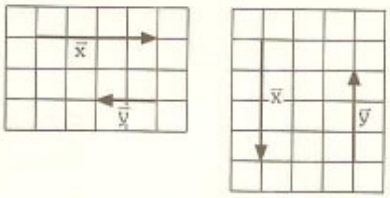
120 Represente el vector $\vec{R} = \vec{a} + \vec{b}$ en cada caso.

a) b)



121 Dado los vectores de la figura, represente, en cada caso, el vector $\vec{R} = 2\vec{x} - 3\vec{y}$.

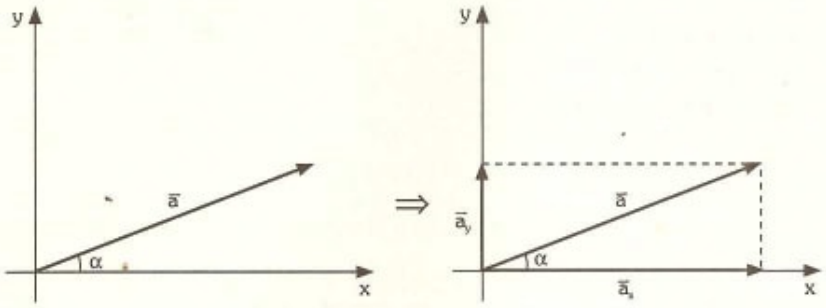
a) b)



Subido por Leazeel

4 Componentes rectangulares de un vector

Considerando el vector $\bar{a}$ y los ejes x e y.



Proyectando, perpendicularmente, el vector $\bar{a}$ sobre los ejes x e y, se obtienen sus componentes rectangulares $\bar{a}_x$ y $\bar{a}_y$.

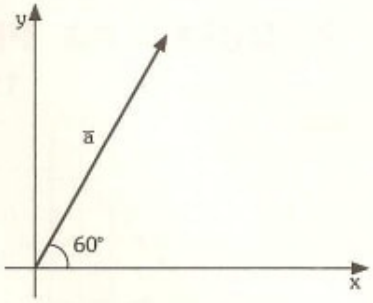
De la figura, se tiene:

$$\cos\alpha = \frac{a_x}{a} \Rightarrow \boxed{a_x = a \cdot \cos\alpha}$$

$$\operatorname{sen}\alpha = \frac{a_y}{a} \Rightarrow \boxed{a_y = a \cdot \operatorname{sen}\alpha}$$

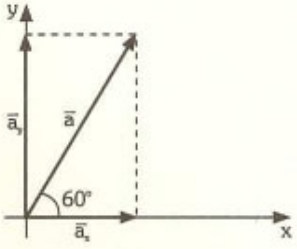
Problema de Aplicación

Halle el módulo de las componentes rectangulares del vector $\bar{a}$, de módulo igual a 8 metros, indicado en la figura:



Solución:

Proyectando $\bar{a}$ sobre los ejes x e y, se tiene:



$$a_x = a \cdot \cos 60^\circ \Rightarrow a_x = 8 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow a_x = 4\text{m}$$

$$a_y = a \cdot \operatorname{sen} 60^\circ \Rightarrow a_y = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow a_y = 4\sqrt{3}\text{m}$$

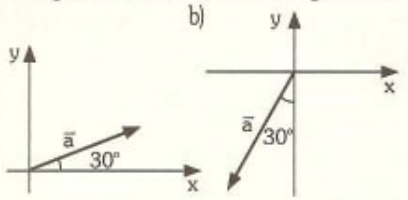
Respuesta: $a_x = 4\text{m}$ y $a_y = 4\sqrt{3}\text{m}$

Subido por Leazeel

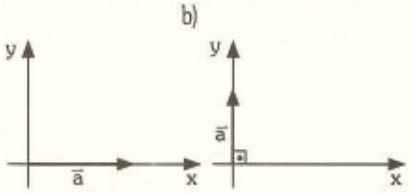
PROBLEMAS PROPUESTOS

122 En cada caso calcule el módulo de las componentes rectangulares del vector $\vec{a}$, de módulo igual a 10m.

a) b)



a) b)



123 Un vector $\vec{a}$ tiene componentes rectangulares de módulos $a_x = 6m$ y $a_y = 8m$. Calcule el módulo del vector $\vec{a}$.

124 El vector $\vec{a}$ de las figuras tiene un módulo de 20cm. Calcule el módulo de los componentes rectangulares de $\vec{a}$ en cada caso.

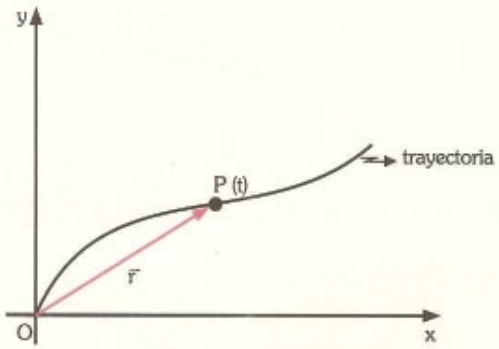
125 El vector representativo de una magnitud física tiene un módulo de 2. Las componentes rectangulares de ese vector tienen módulos iguales a $\sqrt{3}$ y 1. Halle el ángulo que el vector forma con la componente de mayor intensidad.

5 Vector posición

Considerando un móvil que describe la trayectoria indicada en la figura en relación al punto O, origen del sistema cartesiano.

Sea P la posición del móvil en un instante t.

Se define como vector posición en el instante considerado el vector $\vec{r} = P - O$.

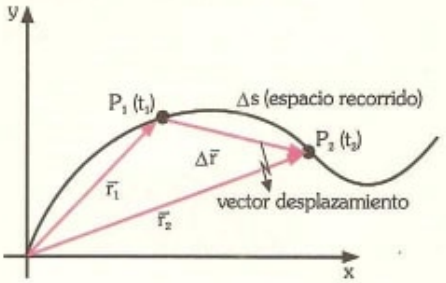


6 Vector desplazamiento

Sean P_1 y P_2 las posiciones del móvil en los instantes t_1 y t_2, respectivamente.

Se define como vector desplazamiento, entre los instantes t_1 y t_2, el vector $\Delta\vec{r} = P_2 - P_1$.

Observe que $\Delta s \geq |\Delta\vec{r}|$.



Subido por Leazeel

7 Velocidad vectorial media

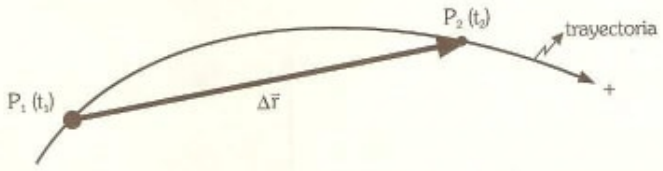
Se define como velocidad vectorial media al cociente del vector desplazamiento $\Delta\vec{r}$ y el tiempo Δt empleado en ese desplazamiento.

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

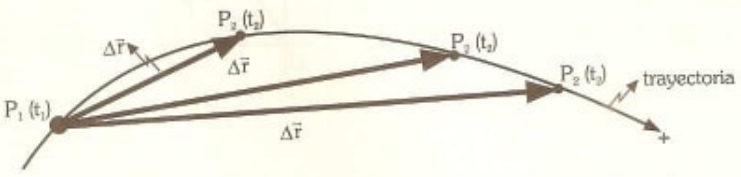
- Características de $\vec{v}_m$:
módulo: $v_m = \frac{\Delta r}{\Delta t}$;
dirección: la misma que $\Delta\vec{r}$;
sentido: el mismo que $\Delta\vec{r}$.

8 Velocidad vectorial instantánea

Considere el movimiento de un móvil del punto P_1 hacia el punto P_2 sobre la trayectoria curva de la figura.

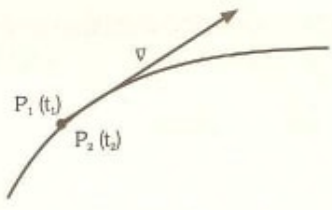


Cuanto más próximo el punto P_2 estuviere al punto P_1, el vector $\Delta\vec{r}$ tiende a ser tangente a la trayectoria por el punto P_1.



Por tanto, para Δt tendiendo a cero (el instante t_2 es prácticamente igual al instante t_1), el vector velocidad media es denominado *vector velocidad instantánea* y se indica por $\vec{v}$.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{v}_m$$



La dirección del vector velocidad instantánea es siempre tangente a la trayectoria, y el sentido es el del movimiento.

Subido por Leazeel

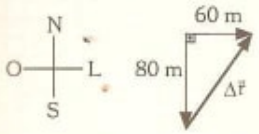
Problema de Aplicación

Un conejo camina 80m hacia el norte, luego se orienta hacia el este y camina 60m más. Sabiendo que en todo el recorrido el conejo emplea 10s, calcule:

a) el módulo del desplazamiento resultante del conejo;

b) el módulo de las velocidades escalar y vectorial media del conejo.

Solución:



a) Vea el esquema de al lado:

Aplicando el teorema de Pitágoras, se tiene:

$(\Delta r)^2 = 80^2 + 60^2 \Rightarrow (\Delta r)^2 = 6\,400 + 3\,600 \Rightarrow \Delta r = 100m$

b) La velocidad escalar media está dada por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{80 + 60}{10} = 14m/s$$

La velocidad vectorial media está dada por:

$$v_m = \frac{\Delta r}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{100}{10} = 10m/s$$

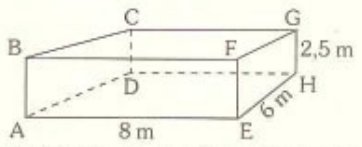
Respuesta: a) 100m b) 14m/s y 10m/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

126 Una persona sale para dar un paseo por la ciudad, realizando el siguiente recorrido: sale de la casa y camina 2 cuadras hacia el norte; luego dobla a la izquierda y camina 3 cuadras más hacia el oeste, doblando nuevamente a la izquierda y caminando 2 cuadras hacia el sur. Sabiendo que una cuadra mide 100m, calcule el módulo del desplazamiento de la persona.

127 Los sucesivos desplazamientos realizados por un vehículo, cuando se mueve de un punto A a un punto B, son: 40km hacia el norte, 40km hacia el este y 10km hacia el sur. Determine la menor distancia a ser recorrida para que él vuelva de B hasta A.

128 Una sala tiene las dimensiones que se indican en la figura:



Calcule el desplazamiento efectuado por una mosca cuando vuela en línea recta del punto A hasta el punto G.

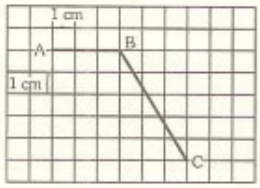
129 Un automóvil recorre una distancia de 20km en el sentido oeste–este; luego recorre 8km en el sentido sur–norte; por último recorre 6km en una dirección noroeste formando un ángulo de 60° con el norte y 30° con el este. Determine el módulo del desplazamiento resultante del automóvil. Utilice cos 30° = 0,8.

130 Un móvil recorre la trayectoria de la figura pasando por los puntos ABC en 2s. Fijando el punto A como origen de las posiciones, determine:

a) el módulo de los vectores posición $\vec{r}_A$ y $\vec{r}_B$;

b) la velocidad escalar media entre A y C;

c) el módulo de la velocidad vectorial media entre A y C.

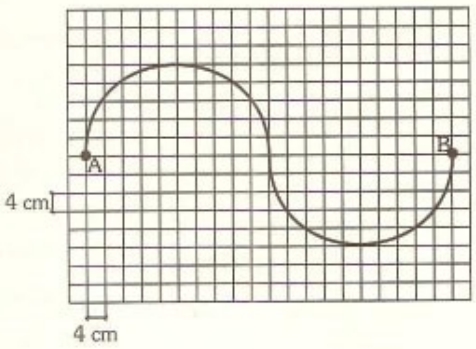


Subido por Leazeel

131 Un móvil recorre una pista circular de 40cm de radio. Sabiendo que el móvil efectúa media vuelta en 5s, determine:
a) el módulo de la velocidad escalar media del móvil;

b) el módulo de la velocidad vectorial media del móvil.

132 En 10s un móvil describe, sobre una superficie plana, la trayectoria del diseño de al lado. Determine aproximadamente, en m/s, entre los puntos A y B los módulos de sus velocidades:
a) escalar media; b) vectorial media.



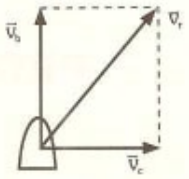
9 Composición de movimientos

El movimiento resultante de un cuerpo, al describir una trayectoria cualquiera, está muchas veces compuesto por más de un movimiento.

Ejemplos:

a) La velocidad de un barco al atravesar un río:

Marcel Novaes/FTD

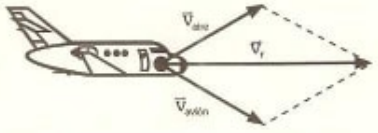


$$\vec{v}_r = \vec{v}_b + \vec{v}_c$$

Donde:
- v_b = velocidad del barco;
- v_c = velocidad de la corriente;
- v_r = velocidad resultante.

b) La velocidad de un avión

Brylak/Gamma/Sigla



$$\vec{v}_r = \vec{v}_{aire} + \vec{v}_{avión}$$

Subido por Leazeel

Observando la composición de los movimientos, Galileo Galilei concluyó que podía estudiar el movimiento resultante de un cuerpo analizando separadamente los que lo componen y enunció *el principio de independencia de los movimientos*:

> Si un cuerpo se encuentra bajo la acción simultánea de varios movimientos, cada uno de ellos se ejecutan como si los demás no existisen.

Problema de Aplicación

Un barco atraviesa un río con velocidad propia de 10m/s, perpendicularmente a la corriente. Sabiendo que el río mide 800m de ancho y la velocidad de la corriente es 4m/s, determine:

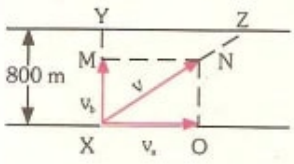
a) el tiempo empleado en la travesía;

b) el desplazamiento del barco río abajo al final de la travesía;

c) la distancia realmente recorrida por el barco en la travesía;

d) la velocidad del barco en relación a la Tierra.

Solución:



Notación:

v_b = velocidad del barco en relación al agua (10m/s);

v_a = velocidad del agua en relación a la Tierra (4m/s);

v = velocidad del barco en relación a la Tierra.

a) Si no hubiese corriente, el barco llegaría al punto Y. El tiempo empleado para recorrer $\overline{XY}$ es el mismo para recorrer $\overline{XZ}$. Entonces se puede escribir:

$\overline{XY} = v_b \cdot t \Rightarrow 800 = 10t \therefore t = 80s$

b) El tiempo que empleó en recorrer $\overline{YZ}$ es el mismo para recorrer $\overline{XY}$. Por tanto:

$\overline{YZ} = v_a t$

$\overline{YZ} = 4 \cdot 80$

$\overline{YZ} = 320m$

c) De la figura se tiene:

$\overline{XZ}^2 = \overline{XY}^2 + \overline{YZ}^2$

$\overline{XZ} = \sqrt{800^2 + 320^2}$

$\overline{XZ} = 862m$

d) Cálculo de v:

$v = \sqrt{v_b^2 + v_a^2}$

$v = \sqrt{10^2 + 4^2}$

$v = \sqrt{116} \simeq 10{,}8m/s$

Respuesta: a) 80s b) 320m c) = 862m d) ≃ 10,8m/s

Subido por Leazeel

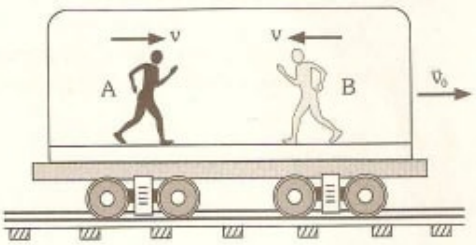
PROBLEMAS PROPUESTOS

133 La velocidad propia de una lancha es de 18km/h. La lancha navega en un río cuya corriente tiene una velocidad de 2m/s. Calcule la distancia recorrida por la lancha en 20min, en los casos:
a) río abajo;
b) río arriba.

134 Entre las ciudades A y B existen siempre corrientes de aire que van de A hacia B con una velocidad de 50km/h. Un avión, volando en línea recta con una velocidad de 150km/h en relación al aire, demora 4h para ir de B hasta A. ¿Cuál es la distancia entre las dos ciudades?

135 Un barco a motor, desarrollando toda la potencia, sube un río a 20km/h y baja a 48 km/h. ¿Cuál es la velocidad de las aguas del río?

136 En un vagón ferroviario, que se mueve con una velocidad v_0 = 3m/s en relación a las vías, están dos niños, A y B, que corren uno en dirección al otro, cada uno con velocidad v = 3m/s en relación al vagón. Halle las velocidades de los niños A y B en relación a las vías.



137 Un avión vuela en relación al suelo con una velocidad constante de 1 000km/h, con dirección y sentido este–oeste. El viento sopla con dirección y sentido norte–sur, con velocidad constante de 200km/h. Calcule la velocidad del avión en relación al viento.

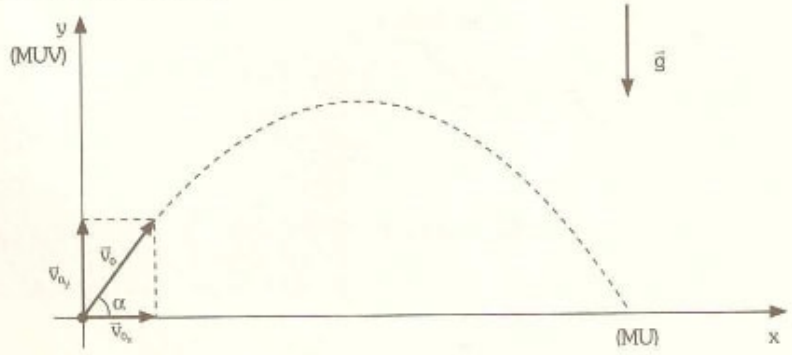
138 Un barco a vapor recorre 2 160m en 432s al subir el río Amazonas. Cuando baja, emplea 240s para recorrer el mismo camino, siendo en los dos casos constante la velocidad propia del barco. Calcule la velocidad del barco y de la corriente del río.

139 Una lancha atraviesa un río dirigiéndose perpendicularmente a la dirección de la corriente con velocidad propia de 8m/s. Sabiendo que el ancho del río es de 480m y la velocidad de la corriente es 6m/s, calcule:
a) la velocidad de la lancha en relación a la tierra;
b) el desplazamiento de la lancha río abajo al final de la travesía.

140 En una experiencia para determinar la velocidad del sonido, dos observadores se colocaron a 5km uno de otro, cada uno con un revólver y un cronómetro. El observador A accionó su cronómetro en el instante en que vio el destello del disparo del revólver de B, habiendo registrado que el sonido empleó 15,5s para llegar a su oído. Luego, A tiró y B registró el tiempo de 14,5s hasta oír el estampido. Calcule la velocidad del sonido y la componente de la velocidad del viento a lo largo de la línea AB.

10 Lanzamiento oblicuo

Considerando un cuerpo lanzado oblicuamente, con una velocidad inicial $\vec{v}_0$ formando un ángulo α con el eje x.



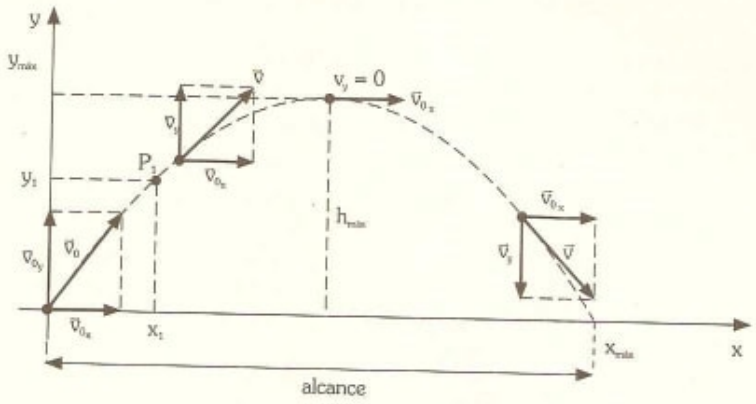
Subido por Leazeel

Despreciando la resistencia del aire, el cuerpo describe una trayectoria parabólica debida a la atracción de la Tierra.

Se puede estudiar ese movimiento imaginando el lanzamiento oblicuo como resultante de la composición de dos movimientos: uno en dirección horizontal "x" y otro en dirección vertical "y".

- En la dirección horizontal el movimiento del cuerpo es rectilíneo y uniforme con velocidad igual a $\overline{v}_{0_x}$.
- En la dirección vertical el movimiento del cuerpo es rectilíneo uniformemente variado con velocidad inicial igual a $\overline{v}_{0_y}$ y aceleración igual a $-g$.

Observaciones:



1ª) El módulo de la velocidad vertical $\overline{v}_y$ disminuye durante el ascenso y aumenta en el descenso.

2ª) En el punto de altura máxima ($h_{máx}$) el módulo de la velocidad en el movimiento vertical es cero ($v_y = 0$).

3ª) A la distancia horizontal entre el punto de lanzamiento y el punto de caída del cuerpo se denomina *alcance* ($x_{máx}$). En este punto $y = 0$.

4ª) La posición del cuerpo en un determinado instante está determinada por las coordenadas x e y. Por ejemplo, $P_1 (x_1, y_1)$.

5ª) La velocidad en un determinado instante se obtiene por la suma vectorial de las velocidades vertical y horizontal, esto es, $\overline{v} = \overline{v}_{0_x} + \overline{v}_y$. El vector $\overline{v}$ es tangente a la trayectoria en cada instante.

Problema de Aplicación

Un proyectil es lanzado del suelo hacia arriba, formando un ángulo de 30° con la horizontal, con una velocidad de 80m/s. Siendo $g = 10 m/s^2$ y $\sqrt{3} = 1,7$, calcule:

a) el tiempo que el proyectil emplea en alcanzar su altura máxima;

b) la altura máxima alcanzada;

c) las coordenadas del proyectil en el instante 1s;

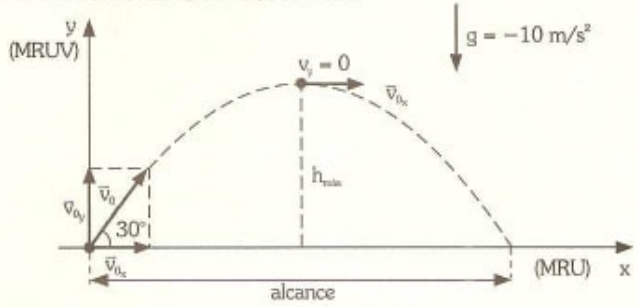
d) el tiempo empleado para llegar al suelo;

e) el alcance.

Subido por Leazeel

Solución:

Estableciendo los ejes x e y, se tiene:



$$v_{0_x} = v_0 \cdot \cos 30^\circ \Rightarrow v_{0_x} = 80 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 68\text{m/s}$$

$$v_{0_y} = v_0 \cdot \text{sen } 30^\circ \Rightarrow v_{0_y} = 80 \cdot \frac{1}{2} = 40\text{m/s}$$

- Funciones horarias

según x	según y	
$x = x_0 + v_{0_x}t$	$y = y_0 + v_{0_y}t + \frac{1}{2}gt^2$	$v_y = v_{0_y} + gt$
$x = 0 + 68t$	$y = 0 + 40t + \frac{1}{2}(-10)t^2$	$v_y = 40 - 10t$
$x = 68t$	$y = 40t - 5t^2$	

a) En la altura máxima, $v_y = 0$

$v_y = 40 - 10t \Rightarrow 0 = 40 - 10t \Rightarrow t = 4\text{s}$

b) $y = 40t - 5t^2 \Rightarrow y = 40 \cdot 4 - 5 \cdot 4^2 \Rightarrow y = 80\text{m}$

c) $x = 68t \Rightarrow x = 68 \cdot 1 \Rightarrow x = 68\text{m}$

$y = 40t - 5t^2 \Rightarrow y = 40 \cdot 1 - 5 \cdot 1^2 \Rightarrow y = 35\text{m}$

d) En el suelo, $y = 0$

$y = 40t - 5t^2 \Rightarrow 0 = 40t - 5t^2$

$$0 = 5t\,(8 - t) \Rightarrow \begin{cases} t = 0 \text{ (no satisface)} \\ t = 8\text{s} \end{cases}$$

Observe que el tiempo empleado por el proyectil para alcanzar el suelo (t = 8s) es el doble del tiempo empleado para alcanzar la altura máxima (t = 4s).

e) $x = 68t \Rightarrow x = 68 \cdot 8 \Rightarrow x = 544\text{m}$

Respuesta: a) 4s b) 80m c) (68m, 35m) d) 8s e) 544m

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

141 Un proyectil es lanzado del suelo formando un ángulo de 60° con la horizontal y con una velocidad inicial de 50m/s. Siendo:
sen 60° = 0,8, cos 60° = 0,5 y g = 10m/s², calcule.
a) la altura máxima alcanzada;
b) la posición del proyectil a los 2s;
c) el tiempo que el proyectil permanece en el aire;
d) el alcance;
e) la velocidad del proyectil a los 1 s.

142 Un cuerpo es lanzado oblicuamente hacia arriba con una velocidad de 100m/s, formando un ángulo de 30° con la horizontal, de lo alto de una elevación de 195m de altura. Siendo sen 30° = 0,5, cos 30° = 0,8 y g = 10m/s², determine:
a) la altura máxima alcanzada en relación al suelo;
b) el alcance.

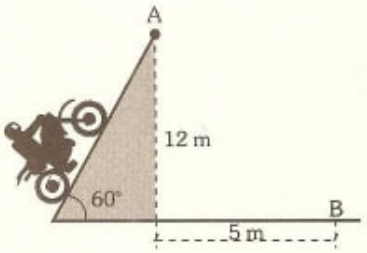
143 Una persona sentada en un tren que se desplaza en una trayectoria rectilínea, a 20m/s, lanza una bola verticalmente hacia arriba y la toma de vuelta en el mismo nivel del lanzamiento. La bola alcanza una altura máxima de 0,8m en relación a este nivel. Siendo g = 10m/s², calcule:
a) el valor de la velocidad de la bola en relación al suelo, cuando ella alcanza la altura máxima;
b) el tiempo durante el cual la bola permanece en el aire.

144 Un joven de 1,5m de altura, que está parado a una distancia de 15m de un muro de 6,5m de altura, lanza una piedra formando un ángulo de 45° con la horizontal. ¿Con qué velocidad mínima debe lanzar la piedra para que ésta pase por encima del muro? Desprecie la resistencia del aire y adopte g = 10m/s².

145 Un cuerpo es lanzado hacia arriba, formando un ángulo de 30° con la horizontal. Sabiendo que el tiempo de permanencia en el aire es 6s, determine el módulo de la velocidad de lanzamiento. Adopte g = 10m/s².

146 Un proyectil es lanzado bajo con un ángulo de 30° con la horizontal y con una velocidad de 200m/s. Suponiendo que g = 10m/s² y despreciando la resistencia del aire, calcule el menor tiempo empleado para alcanzar la altura de 480m encima del punto de lanzamiento.

147 Determine la velocidad que el motociclista indicado en la figura debe tener en el punto A, para que consiga alcanzar el punto B. Siendo:
cos 60° = 0,5 y sen 60° = 0,8.

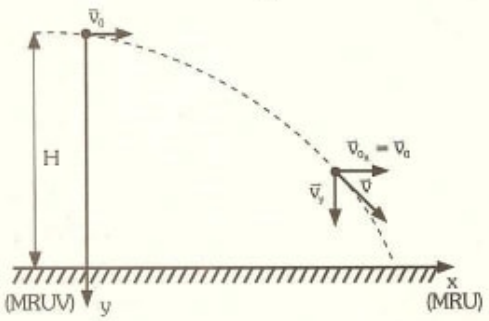


148 Un proyectil es lanzado del suelo en una dirección que forma un ángulo α con la horizontal. Sabiendo que alcanza una altura máxima de 15m y que su velocidad en el punto de altura máxima es 10m/s, determine su velocidad inicial y el ángulo α de lanzamiento. Adopte g = 10m/s².

11 Lanzamiento horizontal

Sea un cuerpo lanzado horizontalmente, con velocidad inicial $\vec{v}_0$, de una altura H en relación al suelo.

Nelson Toledo/FTD



Subido por Leazeel

En este caso, el cuerpo describe también una trayectoria parabólica, resultante de la composición de dos movimientos:

- un MRU en la dirección horizontal;
- otro MRUV en la dirección vertical.

El lanzamiento horizontal es un caso particular de lanzamiento oblicuo en el que el ángulo de lanzamiento es igual a cero, esto es, $\alpha = 0°$.

Problema de Aplicación

Un cuerpo es lanzado horizontalmente de lo alto de una plataforma de 180 metros de altura en relación al suelo, con una velocidad inicial de 40m/s. Siendo $g = 10m/s^2$, determine:

a) el tiempo empleado para alcanzar el suelo;

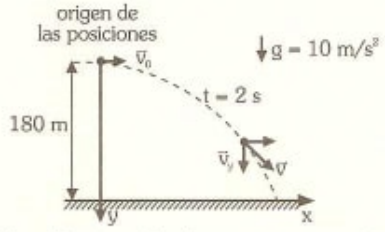
b) sus coordenadas a los 3s;

c) su velocidad a los 2s;

d) el alcance.

Solución:

a) Estableciendo los ejes x e y, se tiene:



$v_{0_x} = v_0 \cdot \cos 0° = 40 \cdot 1 = 40m/s \qquad v_{0_y} = v_0 \cdot \text{sen } 0° = 40 \cdot 0 = 0$

Funciones horarias

según x

$x = x_0 + v_{0_x} t \Rightarrow x = 40t$

según y

$y = y_0 + v_{0_y} t + \frac{1}{2} gt^2 \Rightarrow y = 5t^2$

$v_y = v_{0_y} + gt \Rightarrow v_y = 10t$

En el suelo, y = 180m. Luego:

$y = 5t^2 \Rightarrow 180 = 5t^2 \Rightarrow t^2 = 36 \Rightarrow t = 6s$

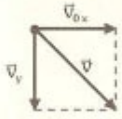
b) $x = 40t \Rightarrow x = 40 \cdot 3 = 120m$

$y = 5t^2 \Rightarrow y = 5 \cdot 3^2 = 45m \qquad \therefore (120m, 45m)$

c) Cuando t = 2s, se tiene:

$v_y = 10t$

$v_y = 20m/s$



$v = \sqrt{v_{0_x}^2 + v_y^2} \Rightarrow v = \sqrt{40^2 + 20^2}$

$v = 20\sqrt{5}m/s$

d) Cuando t = 6s, se tiene:

$x = 40t \Rightarrow x = 40 \cdot 6 = 240m$

Respuesta: a) 6s b) (120m, 45m) c) $20\sqrt{5}m/s$ d) 240m

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

149 Un proyectil es lanzado horizontalmente de una torre de 500m de altura con una velocidad inicial de 40m/s. Siendo $g = 10m/s^2$, calcule:

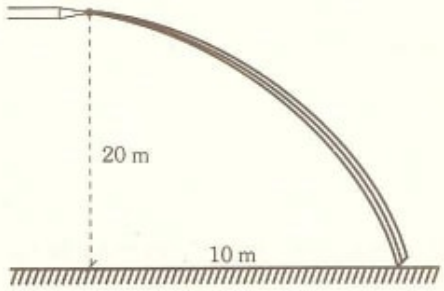
a) el tiempo que el proyectil emplea para alcanzar el suelo;

b) las coordenadas del proyectil a los 4s.

150 Un avión suelta un paquete de provisiones a un grupo de sobrevivientes que está en una balsa. La velocidad horizontal del avión es constante e igual a 100m/s en relación a la balsa y su altura es de 2 000m. Calcule la distancia horizontal entre el avión y los sobrevivientes en el instante del lanzamiento. Adopte $g = 10m/s^2$.

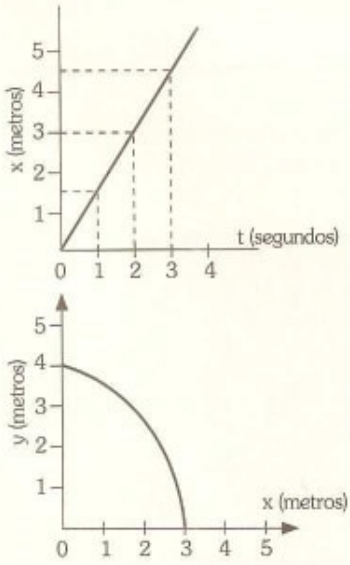
151 De un lugar situado a 125m en relación al suelo se lanza un cuerpo horizontalmente, con una velocidad igual a 10m/s. Sabiendo que $g = 10m/s^2$, calcule el alcance y el tiempo empleado para que el cuerpo llegue al suelo.

152 Un chorro de agua sale del pico de una manguera horizontal a 20m de altura, alcanzando el suelo a una distancia horizontal de 10m. Siendo $g = 10m/s^2$, determine la velocidad del agua al salir de la manguera.



153 De un ómnibus que transita en una carretera recta y horizontal con una velocidad constante de 20m/s se desprende un tornillo, que estaba a 0,80m del suelo, y se incrusta en la pista en el mismo punto donde la toca. Teniendo como referencia una escala cuyo cero coincide con la vertical que pasa por el tornillo en el instante en que éste inicia la caída y considerando $g = 10m/s^2$, calcule a qué distancia él será encontrado sobre la pista.

154 Un habitante del planeta Bongo lanzó una flecha y obtuvo los gráficos que se indican. Siendo x la distancia horizontal e y la distancia vertical:

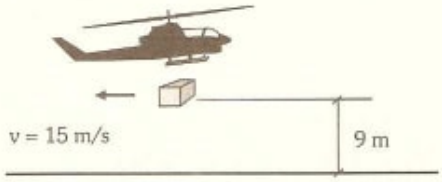


a) ¿cuál es la velocidad horizontal de la flecha?

b) ¿cuál es la velocidad vertical inicial de la flecha?

c) ¿cuál es el valor de la aceleración de la gravedad en el planeta Bongo?

155 Un helicóptero sobrevuela una planicie con una velocidad constante de 12m/s y a una altura de 9m. Un paquete de provisiones es lanzado horizontalmente hacia afuera con una velocidad de 15m/s en relación al helicóptero y en sentido contrario a su movimiento. Siendo $g = 10m/s^2$, calcule la distancia horizontal entre el helicóptero y el paquete en el instante en que éste alcanza el suelo.



Subido por Leazeel

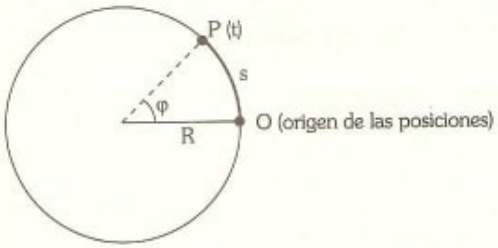
Capítulo **3**

Movimiento circular

Manoel Novaes/FTD

1 Ángulo horario

Considerando un móvil recorriendo en el sentido antihorario la trayectoria circular del radio R indicada en la figura.



Sea P la posición del móvil en el instante t.

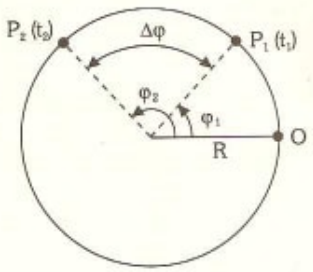
Se denomina *ángulo horario* o *fase* al ángulo φ que corresponde al arco de trayectoria OP.

$$\varphi = \frac{s}{R} \Rightarrow \boxed{s = \varphi \cdot R}$$

El ángulo φ se debe expresar en radianes y sirve para localizar el móvil sobre la trayectoria.

2 Velocidad angular media

Sea un móvil recorriendo la trayectoria de la figura.



P_1 es la posición del móvil en el instante t_1.
P_2 es la posición del móvil en el instante t_2.

Se denomina velocidad angular media del móvil al cociente entre el ángulo descrito $\Delta\varphi$ y el tiempo Δt empleado en describirlo.

$$\boxed{\omega_m = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t_2 - t_1}}$$

La unidad de ω_m en el Sistema Internacional de Unidades es el radián por segundo y se indica rad/s.

Subido por Leazeel

3 Velocidad angular instantánea

Es el límite para el cual tiende la velocidad angular media cuando Δt tiende a cero, esto es:

$$\omega = \lim_{\Delta t \to 0} \omega_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

Problema de Aplicación

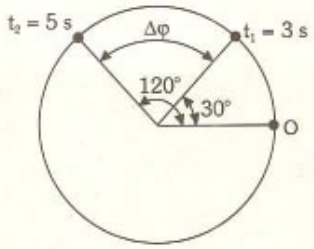
Un cuerpo se mueve en una trayectoria circular en el sentido antihorario. En los instantes 3s y 5s sus posiciones son 30° y 120°, respectivamente. Calcule:

a) el ángulo descrito en ese intervalo de tiempo;

b) la velocidad angular media.

Solución:

Esquema



a) $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \Rightarrow \Delta\varphi = 120° - 30°$

$\Delta\varphi = 90°$

Transformando en radianes, se tiene:

πrad $-$ 180°

$\Delta\varphi$ $-$ 90°

$$\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{90° \cdot \pi}{180°}$$

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}\text{rad}$$

b) $\omega_m = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow \omega_m = \frac{\Delta\varphi}{t_2 - t_1}$

$$\omega_m = \frac{\frac{\pi}{2}}{5 - 3}$$

$$\omega_m = \frac{\pi}{4}\text{rad/s}$$

Respuesta: a) $\frac{\pi}{2}$rad b) $\frac{\pi}{4}$rad/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

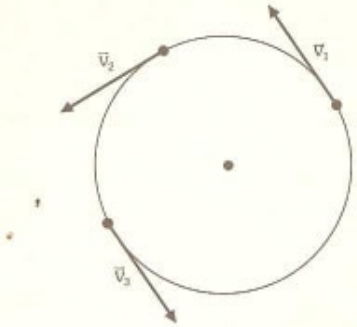
156 Un móvil realiza un movimiento circular con una velocidad angular media de 10rad/s. Calcule el ángulo descrito en 5s.

157 Un cuerpo con movimiento circular tiene una velocidad angular media de $\frac{\pi}{2}$ rad/s. Calcule en cuánto tiempo él describe un ángulo de 50πrad.

Subido por Leazeel

4 Movimiento circular uniforme (MCU)

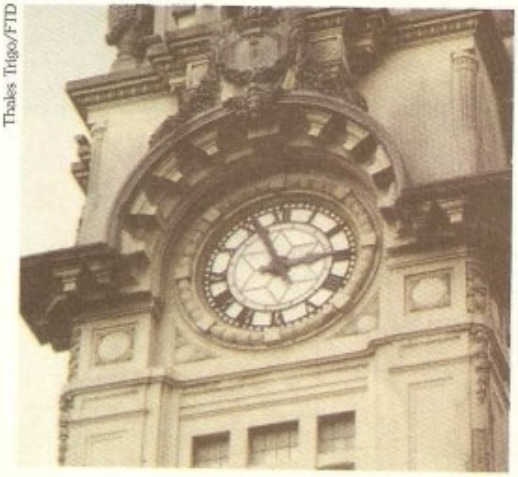
Se dice que un móvil realiza un movimiento circular uniforme cuando su trayectoria es circular y el módulo del vector velocidad permanece constante y es diferente de cero.

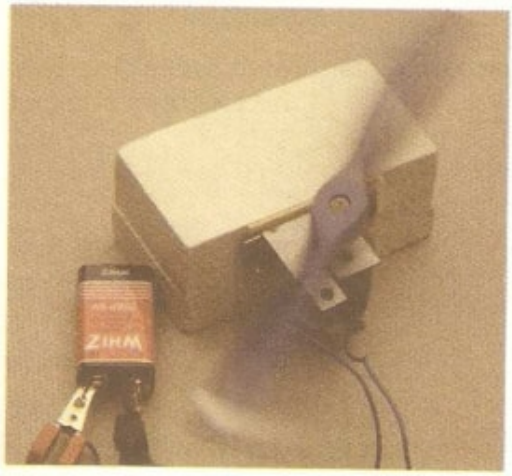


$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = |\vec{v}_3| = \text{cte} \neq 0$$

Como ejemplos de movimiento circular uniforme se tienen:
- el movimiento de los extremos de las manecillas de un reloj;
- el movimiento de las hélices de un ventilador.

Thales Trigo/FTD





Thales Trigo/FTD

5 Frecuencia y periodo

Un movimiento es llamado periódico cuando se repite de modo idéntico, en intervalos iguales de tiempo.

Como ejemplo se tienen los citados en el apartado anterior. Por tanto, el movimiento circular uniforme es un movimiento periódico, pues a cada vuelta completa el móvil está siempre con las mismas características (posición, velocidad, etc.).

Se denomina *periodo* T al tiempo empleado por el móvil para realizar una vuelta completa.

Subido por Leazeel

En una vuelta se tiene:
$\Delta t = T$ y $\Delta s = 2\pi R$

Luego: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{\omega R} \Rightarrow \boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}}$

Se denomina *frecuencia f* del movimiento al número de vueltas efectuadas en la unidad de tiempo.

Por tanto:

tiempo		nº de vueltas
T	—	1
1	—	f

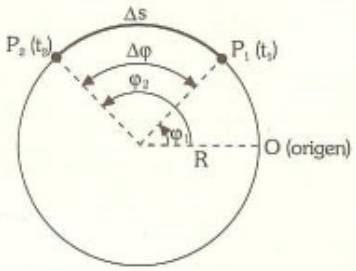
$\Rightarrow T \cdot f = 1 \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{T}}$

La unidad de frecuencia en el Sistema Internacional de Unidades es el inverso del segundo $\left(\frac{1}{s}\right)$, también llamada *hertz*, que se indica por Hz.

Se puede, también, indicar la frecuencia en rotaciones por minuto (rpm) 60rpm = 1Hz.

6 Relación entre velocidad escalar y angular

Se considera un móvil describiendo, en el sentido antihorario, la trayectoria circular de la figura.



De la figura se tiene:

$\Delta\varphi = \frac{\Delta s}{R} \Rightarrow \Delta s = \Delta\varphi \cdot R$ (dividiendo por Δt)

$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \cdot R \Rightarrow \boxed{v = \omega R}$

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Un cuerpo en MCU efectúa 480 vueltas sobre una circunferencia de 0,5m de radio en 2min. Determine:

a) la frecuencia;

b) el periodo;

c) la velocidad escalar del cuerpo.

Solución:

a) nº de vueltas — tiempo (s)

$$\begin{matrix} 480 & 120 \\ f & 1 \end{matrix} \Rightarrow 120f = 480 \Rightarrow f = 4Hz$$

b) $f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{4}\,s$

c) $T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{4}} \Rightarrow \omega = 8\pi rad/s$

$v = \omega \cdot R \Rightarrow v = 8\pi \cdot 0,5 \Rightarrow v = 4\pi m/s$

Respuesta: a) 4Hz b) $\frac{1}{4}$s c) 4πm/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

158 Un cuerpo efectúa 300 vueltas sobre una circunferencia en 2,5min.
a) ¿Cuál es el periodo del movimiento?
b) ¿Cuál es la frecuencia, en Hz, del movimiento?

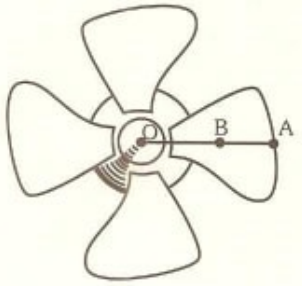
159 Una rueda completa 150 giros por minuto.
a) ¿Cuál es la frecuencia, el periodo y la velocidad angular de la rueda?
b) ¿Cuál es la velocidad escalar de un punto situado a 12cm del eje de la rueda?

160 Un disco gira a 45rpm. Sabiendo que el diámetro del disco es igual a 16cm, calcule la velocidad escalar de un punto de su periferia.

161 Un disco horizontal de radio R = 0,30m gira entorno a su eje con una velocidad angular $\omega = 5rad/s$. Halle la velocidad escalar de un punto de su periferia.

162 Un satélite artificial de 30kg será lanzado y girará en torno a la Tierra en una órbita de altitud igual a 500km, con una velocidad lineal de 7,56km/s. Admitiendo que el diámetro de la Tierra es de 12 000km, ¿cuál será el tiempo, en horas, que él empleará para dar una vuelta completa?

163 El motor eléctrico de un ventilador efectúa 720rpm.



Sabiendo que $\overline{OB} = 25cm$ y $\overline{OA} = 50cm$, calcule:
a) la velocidad angular de los puntos A y B;

b) la velocidad escalar de los puntos A y B.

164 La velocidad de un automóvil se puede medir fácilmente mediante un dispositivo que registra el número de rotaciones efectuadas por una de sus ruedas, cuando se conoce su diámetro. Considere, por ejemplo, un neumático cuyo diámetro es de 0,50m. Sabiendo que el neumático ejecuta 480 rotaciones en cada minuto, determine la velocidad escalar del automóvil. Adopte $\pi = 3,14$.

Subido por Leazeel

165 Una rueda de 60cm de radio recorre una trayectoria rectilínea con una velocidad de 86,4km/h, sin deslizarse.

a) ¿Con qué velocidad angular gira esa rueda?

b) ¿Cuál es la frecuencia de esa rueda?

166 La manecilla del minutero de un reloj mide 50cm.

a) ¿Cuál es la velocidad angular de la manecilla?

b) Calcule la velocidad lineal de la punta de la manecilla.

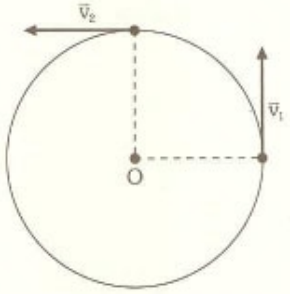
167 Una bicicleta parte del reposo y recorre 20m en 4s con aceleración constante.

a) ¿Cuál es la aceleración de traslación de la bicicleta?

b) Sabiendo que las ruedas de la bicicleta tienen 40cm de radio, ¿con qué frecuencia estarán girando al final de ese recorrido?

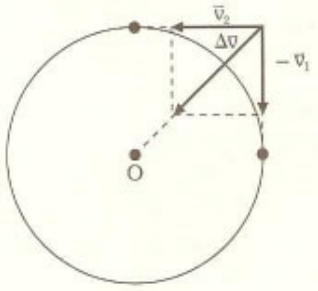
7 Aceleración centrípeta

En el movimiento circular uniforme el vector velocidad es constante en módulo pero es variable en dirección.



$$|\overline{v}_1| = |\overline{v}_2| = |v|$$

Como existe variación del vector velocidad, existe aceleración.



La aceleración $\overline{a}$ está dada por la expresión:

$$\overline{a} = \frac{\Delta\overline{v}}{\Delta t} = \frac{\overline{v}_2 - \overline{v}_1}{\Delta t}$$

Si $\overline{a}$ tiene la misma dirección y el mismo sentido que $\Delta\overline{v}$, se concluye que la aceleración está dirigida hacia el centro de la circunferencia, siendo llamada *aceleración centrípeta* o *aceleración normal* y se indica $\overline{a}_{cp}$.

Subido por Leazeel

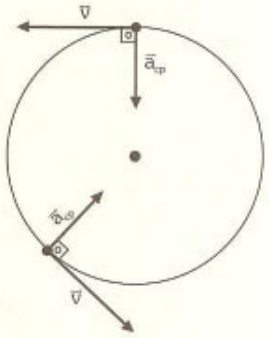
Se demuestra que el módulo de la aceleración centrípeta está dado por:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} \quad \text{o} \quad a_{cp} = \omega^2 R$$

Donde:
- v es la velocidad escalar;
- R es el radio de la trayectoria.

La aceleración centrípeta tiene por función variar la dirección del vector velocidad manteniendo el móvil sobre la circunferencia, produciendo el movimiento circular.

En cada posición del móvil el vector $\bar{a}_{cp}$ es perpendicular al vector $\bar{v}$ y dirigido hacia el centro de la circunferencia.



Problema de Aplicación

La Luna gira en torno a la Tierra, completando una revolución en 27,3 días. Suponiendo que su órbita sea circular y tenga un radio de 385 000km, determine la aceleración de la Luna en ese movimiento.

Solución:

Siendo $\begin{cases} T = 27{,}3 \text{ días} = 2\,358\,720\text{s} = 2{,}36 \cdot 10^6\text{s} \\ R = 385\,000\text{km} = 3{,}85 \cdot 10^8\text{m} \end{cases}$

Como la órbita se supone circular y el movimiento de la Luna es uniforme, se tiene que su aceleración centrípeta es. Luego:

$$a_{cp} = \omega^2 R \Rightarrow a_{cp} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R$$

$$a_{cp} = \frac{(2 \cdot 3{,}14)^2}{(2{,}36 \cdot 10^6)^2} \cdot 3{,}85 \cdot 10^8$$

$$a_{cp} = 0{,}0027\text{m/s}^2$$

Respuesta: $= 0{,}0027\text{m/s}^2$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

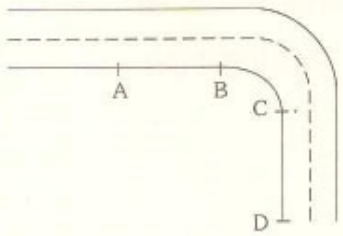
168 ¿Cuál es la aceleración centrípeta de una partícula que recorre una circunferencia de 6m de radio con una velocidad escalar de 30m/s?

169 La rueda de un automóvil en MCU efectúa 2 100rpm. Sabiendo que el diámetro de la rueda mide 60cm, calcule el módulo de la aceleración centrípeta. Adopte $\pi^2 = 10$.

170 Un automóvil ejecuta en dos minutos una vuelta completa en una pista circular, manteniendo constante la lectura del velocímetro. En uno de los puntos de la trayectoria, la aceleración vectorial del automóvil tiene un módulo igual a $4m/s^2$. Determine el radio de la pista. Adopte $\pi = 3{,}14$.

171 Un avión que vuela horizontalmente efectúa un giro con una velocidad de 720km/h. Determine el radio mínimo de giro para que la aceleración a que está sometido el piloto no sea superior a 10 veces el valor de la aceleración de la gravedad. Considere $g = 10m/s^2$.

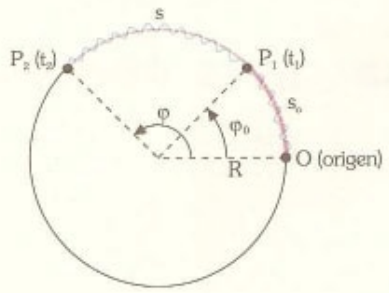
172 Se propuso a dos alumnos que comentasen la aceleración de un automóvil que recorre, con velocidad constante, una pista compuesta de tres trechos: dos rectilíneos, AB y CD, y un curvilíneo, BC, conforme a la figura de abajo. El alumno X afirma que la aceleración del automóvil es nula en todos los trechos, pues su velocidad es constante, mientras que el alumno Y cree que en el trecho BC la aceleración del automóvil es no nula.
¿Cuál de los dos alumnos está en lo correcto? Argumente su afirmación.



173 Un automóvil entra en una curva de 200m de radio, en una carretera cuyas condiciones permiten una aceleración centrípeta máxima de $2m/s^2$ sin que se resbale. Determine la mayor velocidad, en km/h, con que el automóvil puede ser conducido en la curva sin patinar.

8 Función horaria angular

Se considera un móvil que realiza un movimiento circular uniforme en la trayectoria indicada en la figura.



Se sabe que:

$$s = s_0 + vt$$

(función horaria lineal)

dividiendo la ecuación por R ⟹

$$\frac{s}{R} = \frac{s_0}{R} + \frac{v}{R}t$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t$$ (función horaria angular)

Subido por Leazeel

Donde:

- φ_0 es la fase inicial o posición angular inicial;
- ω es la velocidad angular;
- φ es la fase o posición angular.

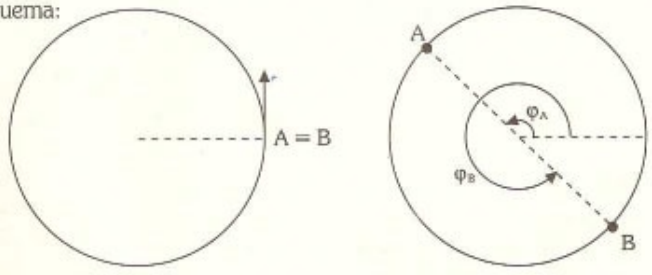
A esta función que relaciona el ángulo descrito con el tiempo se llama *función horaria angular* del MCU.

Problema de Aplicación

Dos móviles, A y B, recorren la misma pista circular con movimientos uniformes, partiendo del mismo punto y dirigiéndose en el mismo sentido. Determine las velocidades angulares de esos móviles, sabiendo que 0,5s después de la partida ellos se alinean por primera vez con el centro de la pista y que la velocidad angular de B es el triple de la de A.

Solución:

Esquema:



$\varphi_B - \varphi_A = \pi \Rightarrow \omega_B t - \omega_A t = \pi$

$3\omega_A \cdot 0,5 - \omega_A \cdot 0,5 = \pi$

$\omega_A = \pi$ rad/s

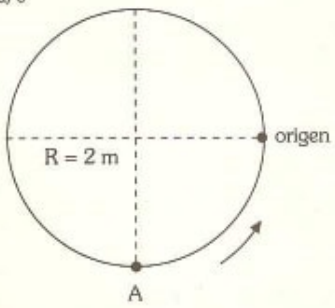
Luego, $\omega_B = 3\omega_A = 3\pi$ rad/s

Respuesta: $\omega_A = \pi$ rad/s y $\omega_B = 3\pi$ rad/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

174 Un punto material inicia su movimiento en el punto A de la figura y recorre la trayectoria circular con velocidad angular constante.

$\omega = \frac{\pi}{4}$ rad/s



Determine:

a) la función horaria angular del movimiento;

b) la función horaria escalar del movimiento;

c) la posición angular del punto material en el instante 3s;

d) el instante en que el punto material completa ocho vueltas.

175 Un móvil se mueve con MCU según la función horaria angular $\varphi = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2} t$ (en unidades del Sistema Internacional). Calcule el instante en que pasa por la posición $\varphi = \pi$ rad.

Subido por Leazeel

176 Un cuerpo realiza un MCU de 2m de radio, con una frecuencia de 4Hz. Sabiendo que en el inicio del cómputo de los tiempos él estaba en el origen de las posiciones, determine:

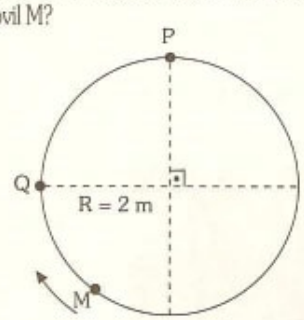
a) su velocidad angular;

b) su posición angular en el instante 10s.

177 Un móvil M parte de un punto P recorriendo en el sentido horario la trayectoria circular de radio igual a 2m. La velocidad escalar del móvil es constante e igual a 3πm/s.

a) ¿Cuál es el tiempo utilizado por el móvil M para recorrer el trecho de P a Q?

b) ¿Cuál es el valor de la velocidad angular del móvil M?

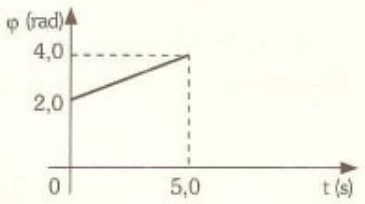


178 Dos corredores, A y B, parten del mismo punto de una pista circular de 120m de longitud con velocidad $v_A = 8$m/s y $v_B = 6$m/s.

a) Si parten en sentidos opuestos, ¿cuál será la menor distancia entre ellos, medida a lo largo de la pista, después de 20s?

b) Si parten en el mismo sentido, ¿después de cuánto tiempo el corredor A estará con una vuelta de ventaja sobre el B?

179 El gráfico representa la variación de la posición angular de un móvil con movimiento circular uniforme en función del tiempo.



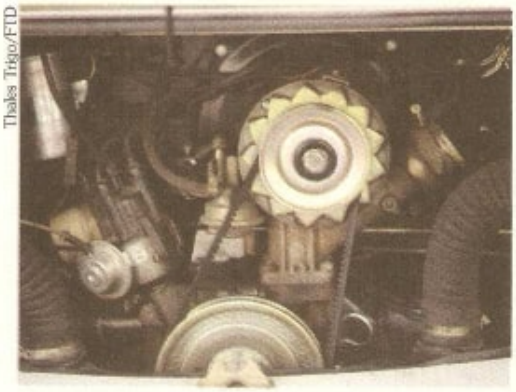
a) ¿Cuál es la velocidad angular del móvil?

b) ¿Cuál es la posición angular del móvil en el instante t = 6s?

9 Acoplamiento de poleas

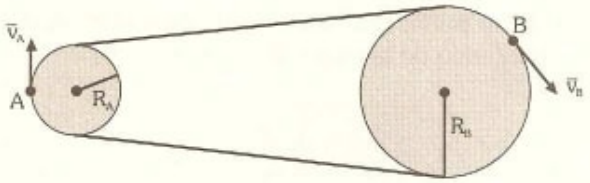
a) Acoplamiento por correa

Considerando dos poleas acopladas conforme indican las figuras.


Thaks Trigo/FTD

Nelson Toledo/FTD

Para estos tipos de acoplamiento, se tiene:



Subido por Leazeel

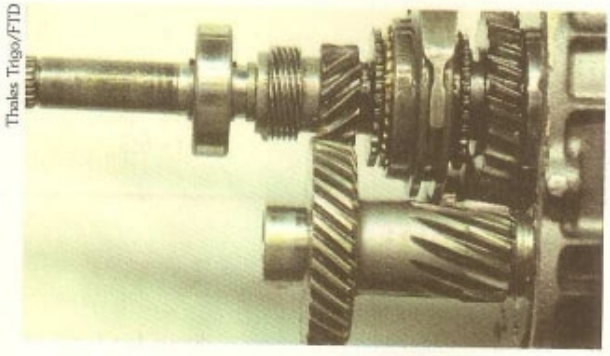
R_A = radio de la polea A;
R_B = radio de la polea B;
v_A = velocidad escalar de un punto periférico de la polea A;
v_B = velocidad escalar de un punto periférico de la polea B.

- Suponiendo que la correa es inextensible, todos sus puntos tienen la misma velocidad escalar.
- Admitiendo que no hay deslizamiento, los puntos periféricos de cada polea tienen la misma velocidad escalar, que es igual a la velocidad escalar de la correa, esto es:

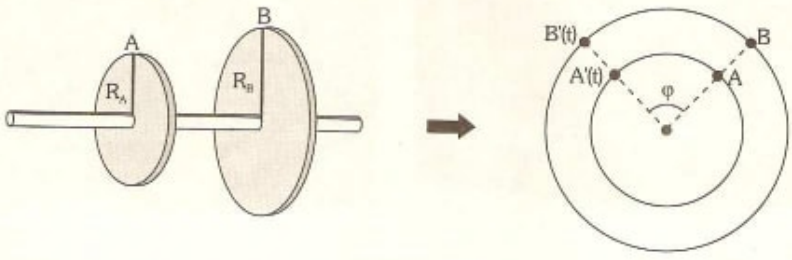
$$v_A = v_B$$

b) Acoplamiento con el mismo eje

Considerando dos poleas asociadas conforme indica la figura.



En este caso, los puntos A y B describen el mismo ángulo central φ, en el mismo intervalo de tiempo.



Para este tipo de acoplamiento, se tiene:

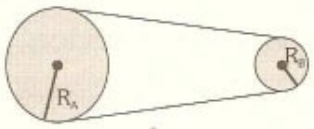
- La velocidad angular de un punto periférico de la polea A es igual a la velocidad angular de un punto periférico de la polea B, esto es:

$$\omega_A = \omega_B$$

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Las poleas indicadas en la figura de al lado tienen radios $R_A = 60cm$ y $R_B = 10cm$.
Sabiendo que $f_A = 20rpm$, determine el número de rotaciones de la polea B.



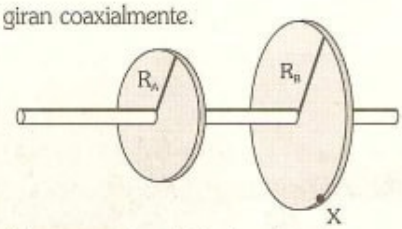
Solución:

Se debe tener:

$$v_A = v_B \Rightarrow \omega_A R_A = \omega_B \cdot R_B \Rightarrow 2\pi f_A R_A = 2\pi f_B \cdot R_B$$
$$f_A \cdot R_A = f_B \cdot R_B$$
$$20 \cdot 60 = f_B \cdot 10$$
$$f_B = 120rpm$$

Respuesta: 120rpm

2 Las poleas indicadas en la figura giran coaxialmente.



Sabiendo que $R_A = 20cm$, $R_B = 60cm$ y que la velocidad escalar de un punto periférico de la polea A es 50cm/s, calcule la velocidad del punto X.

Solución:

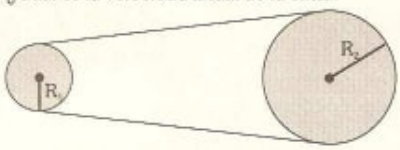
Se debe tener:

$$\omega_A = \omega_B \Rightarrow \frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B} \Rightarrow \frac{50}{20} = \frac{v_X}{60} \Rightarrow v_X = 150cm/s$$

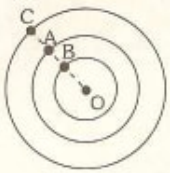
Respuesta: 150cm/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

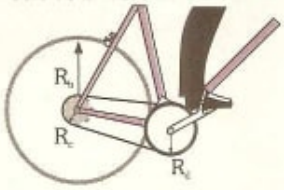
180 Una cinta solidaria funciona con dos cilindros de radios $R_1 = 10cm$ y $R_2 = 50cm$. Suponiendo que el cilindro mayor tenga una frecuencia de rotación $f_2 = 60rpm$, responda:
a) ¿Cuál es la frecuencia de rotación f_1 del cilindro menor?
b) ¿Cuál es la velocidad lineal de la cinta?



181 Un disco de 20cm de radio gira con una velocidad angular constante e igual a 4π rad/s. Sobre ese disco se marcan dos puntos, A y B, a 15cm y 10cm de distancia del centro, respectivamente. Calcule:
a) el periodo del punto C;
b) las velocidades escalares de los puntos A y B.



182 Un ciclista durante un paseo da una pedaleada por segundo, en una bicicleta en que:
radio del torniquete $R_c = 4cm$;
radio de la rueda dentada $R_d = 12cm$;
radio de la rueda de la bicicleta $R_b = 20cm$.



Calcule la velocidad de la bicicleta.

Subido por Leazeel

Unidad III
Dinámica

Capítulo **1**

Principios fundamentales

1 Teoría, sus creadores, su práctica

En la Unidad II se estudió el movimiento de los cuerpos, pero no se consideraron las causas que producen o modifican el movimiento. La parte de la Mecánica que estudia esas causas es la Dinámica.

La primera teoría sobre ese aspecto, *Philosophia et Naturalis Principia Mathematica*, publicada en 1687 por Isaac Newton (1642-1727), explicó en forma completa el movimiento de los cuerpos, en base a los estudios realizados por Galileo Galilei (1564-1642) y Johannes Kepler (1571-1630). En ese trabajo Newton consiguió establecer relaciones entre la masa del cuerpo y su movimiento, surgiendo desde ahí tres leyes básicas, que son llamadas *leyes de Newton* o *principios de la Dinámica*. En esa misma obra se explica el movimiento de los astros y el efecto de la masa de los planetas sobre los cuerpos próximos a ellos, mediante *la ley de la gravitación universal*.

La teoría propuesta por Newton, también llamada *Mecánica Clásica*, permitió que Max Planck (1858-1947) desarrollase la *Mecánica Cuántica* y Albert Einstein (1879-1955), la *Mecánica Relativista*.

Pat Behar/Gamma/Sigla

Subido por Leazeel

En esta unidad se comprenderá la diferencia entre masa y peso, palabras que el lego usa como si fuesen sinónimas; se explicará la razón por la cual los pasajeros de un vehículo en movimiento son atraídos hacia el frente cuando el vehículo frena; se conseguirá comprender el movimiento de los cohetes y de tantos otros cuerpos de la naturaleza, así como se entenderá la necesidad del rozamiento de una superficie, que facilita el caminar sobre ella.

Se comprenderá también el porqué de la necesidad de sobreelevación en pistas de carrera y de autopistas, lo que ocurre cuando un piloto realiza un looping con su avión, por qué la Luna gira en torno a la Tierra y la Tierra en torno al Sol, cómo es posible predecir la fecha en que se producirán los diversos eclipses.

Se introducirá aquí el concepto más importante del mundo moderno: el concepto de energía, sus modalidades, transformaciones, su conservación y disipación. Con esos conceptos será fácil explicar el movimiento de un carrito en una montaña rusa, el funcionamiento de un bate, la necesidad de utilizar el cinto de seguridad en un automóvil o en cualquier otro vehículo.

Thales Trigo/FTD

Se estudiarán las ideas de *cantidad de movimiento e impulso de una fuerza*, relacionando magnitudes como masa, velocidad, fuerza y tiempo, y se verá que esas magnitudes asociadas permiten detectar la velocidad de partículas después de la colisión con otras partículas y también la velocidad de vehículos y hasta de bolas de billar.

La Dinámica ofrece recursos para responder a cuestiones interesantísimas. Es lo que se va a descubrir ahora.

Subido por Leazeel

2 Fuerza

Cuando ocurre una interacción entre cuerpos, pueden ocurrir variaciones en la velocidad, deformaciones o ambos fenómenos.

Las causas de esas variaciones o deformaciones son denominadas *fuerzas*.

Cuando un cuerpo es abandonado de una determinada altura, él cae con movimiento acelerado debido a la *fuerza de atracción* de la Tierra.

Al chutar una pelota, el pie ejerce sobre ella una fuerza que además de deformarla le inicia el movimiento.

Nelson Toledo/FTD

Cuando las superficies de los cuerpos que interactúan se tocan, la fuerza es llamada *de contacto*. Ejemplo: interacción pie–pelota.

Cuando ocurre la interacción, estando los cuerpos a una distancia, la fuerza es llamada *de campo*. Ejemplo: interacción Tierra–manzana.

En Dinámica se estudiarán las fuerzas cuyo efecto principal es causar variaciones en la velocidad de un cuerpo, esto es, aceleración.

Nelson Toledo/FTD

Interacción Tierra-manzana

> Fuerzas son interacciones entre cuerpos causando variaciones en su estado de movimiento o una deformación.

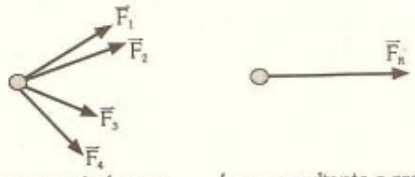
Tal cual la aceleración, la fuerza es una magnitud vectorial. Por tanto exige, para ser caracterizada, intensidad, dirección y un sentido.

La unidad de fuerza en unidades del Sistema Internacional es el newton (N), que será definido más adelante.

Subido por Leazeel

3 Fuerza resultante

Sea una partícula en la cual están aplicadas varias fuerzas. Ese sistema de fuerzas puede ser sustituido por una única fuerza, *la fuerza resultante*, que es capaz de producir en la partícula el mismo efecto que todas las fuerzas aplicadas.



sistema de fuerzas — fuerza resultante o resultante

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots + \vec{F}_N$$

Problema de Aplicación

Dos fuerzas concurrentes, $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$, de intensidades iguales a 4N y 3N actúan en un mismo punto material, formando un ángulo α entre sí. Determine la intensidad de la fuerza resultante para los siguientes valores de α:

a) 0°; b) 60°; c) 180°.

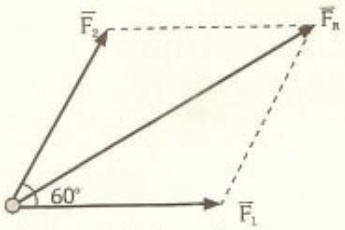
Solución:

a) Siendo $\alpha = 0°$, las fuerzas tienen la misma dirección y el mismo sentido:

La intensidad de la fuerza resultante será:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow F_R = F_1 + F_2 \Rightarrow F_R = 4 + 3 \Rightarrow F_R = 7N$$

b) Para $\alpha = 60°$



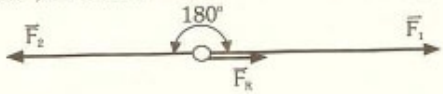
La intensidad de la fuerza resultante será:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos 60°} \Rightarrow$$

$$F_R = \sqrt{4^2 + 3^2 + 2 \cdot 4 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2}} \Rightarrow$$

$$F_R \approx 6{,}1N$$

c) Siendo $\alpha = 180°$, las fuerzas tienen la misma dirección y sentidos contrarios:



La intensidad de la fuerza resultante será:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow F_R = F_1 - F_2 \Rightarrow F_R = 4 - 3 \Rightarrow F_R = 1N$$

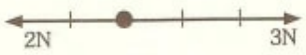
Respuesta: a) 7N b) = 6,1N c) 1N

Nelson Teledo/FTD
Subido por Leazeel

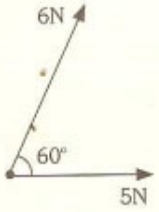
PROBLEMAS PROPUESTOS

183 Determine la intensidad de la fuerza resultante en cada uno de los sistemas de fuerzas concurrentes.

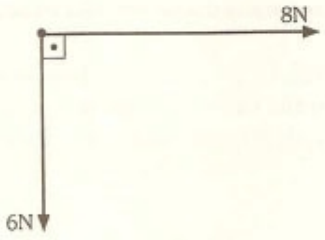
a)



b)

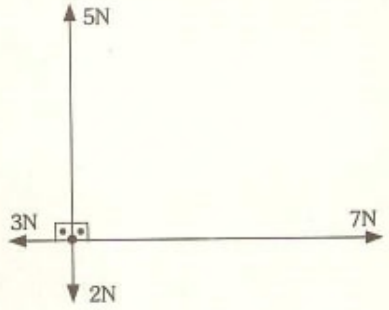


c)

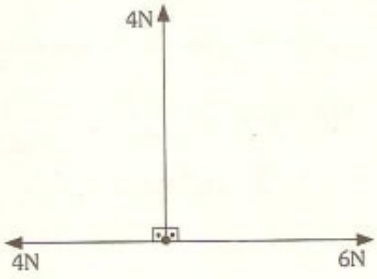


184 Halle el módulo de la fuerza resultante de los sistemas de las figuras.

a)



b)



4 Equilibrio

Un punto material está en equilibrio cuando la resultante de las fuerzas que en él actúan es nula. Se pueden distinguir dos tipos de equilibrio:

a) Equilibrio estático

Un punto material se halla en equilibrio estático cuando está en reposo. En este caso su velocidad vectorial es nula durante el transcurso del tiempo.

$$\left.\begin{array}{l} \vec{F}_R = 0 \\ \vec{v} = 0 \end{array}\right\} \text{ reposo}$$

b) Equilibrio dinámico

Un punto material se halla en equilibrio dinámico cuando está animado de un movimiento rectilíneo y uniforme. En este caso su velocidad vectorial es constante y diferente de cero.

$$\left.\begin{array}{l} \vec{F}_R = 0 \\ \vec{v} = cte \neq 0 \end{array}\right\} \text{ MRU}$$

Subido por Leazeel

5 Principio de la inercia o 1ª ley de Newton

Considerando un cuerpo no sometido a la acción de ninguna fuerza, en esta condición ese cuerpo no sufre variación de velocidad. Esto significa que, si él está detenido, permanece detenido y, si está en movimiento, permanece en movimiento y su velocidad se mantiene constante.

Tal principio, formulado pór primera vez por Galileo y después confirmado por Newton, es conocido como *primer principio de la Dinámica* (1ª ley de Newton) o *principio de la inercia*. Se puede interpretar su enunciado de la siguiente manera: todos los cuerpos son "perezosos" y no desean modificar su estado de movimiento. Si están en movimiento, quieren continuar en movimiento; si están detenidos, no desean moverse.

Esa "pereza" es llamada por los físicos *inercia* y es característica de todos los cuerpos dotados de masa.

El principio de la inercia puede ser observado en el movimiento de un ómnibus. Cuando el ómnibus "arranca" a partir del reposo, los pasajeros tienden a desplazarse hacia atrás, resistiendo al movimiento. De la misma forma, cuando el ómnibus ya en movimiento frena, los pasajeros se desplazan hacia adelante, tendiendo a continuar con la velocidad que poseen.

Para Galileo, lo natural era el movimiento y no el reposo, como afirmaba Aristóteles. Al observar el movimiento de un cuerpo, la cuestión era "por qué se detiene" y no "por qué se mueve".

La afirmación de que un cuerpo detenido permanece detenido si sobre él no actúa ninguna fuerza se puede comprender fácilmente en nuestra vida práctica (un cuerpo no se mueve por sí sólo, es necesario aplicarle una fuerza).

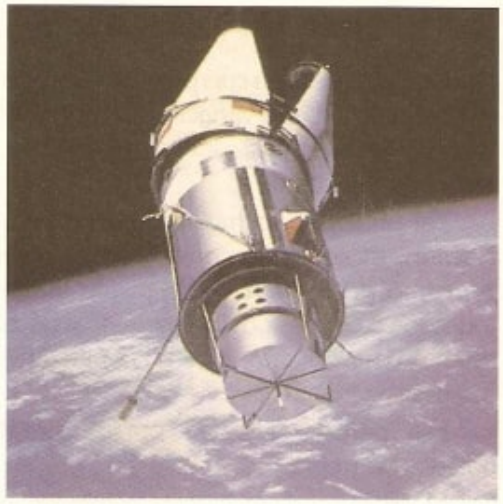
La afirmación de que un cuerpo en movimiento mantiene velocidad constante si no actúan fuerzas sobre él es menos intuitiva. En efecto, un cuerpo en movimiento no permanece siempre en movimiento: después de cierto tiempo más o menos largo el cuerpo se detiene. Una bolita lanzada sobre un plano horizontal se detiene después de recorrer pocos metros, aunque aparentemente sobre ella no actúe ninguna fuerza.

En la realidad existe una fuerza que se opone al movimiento, indicada genéricamente con el nombre de *rozamiento*, que se estudiará más adelante.

Pero, en el caso de que esas fuerzas de fricción no existan o sean reducidas al mínimo, el principio de la inercia se verifica plenamente.

Subido por Leazeel

Por ejemplo, una nave espacial que se mueve en el espacio interplanetario no encuentra rozamiento. Por eso no tiene necesidad de motor y, por el principio de la inercia, continúa moviéndose en línea recta con la velocidad con la cual fue lanzada inicialmente. Los sistemas de referencia en que el principio de la inercia se verifica son llamados *sistemas de referencia inerciales*. Tales sistemas son fijos en relación a las estrellas distantes o se mueven con velocidad constante en relación a ellas, esto es, poseen aceleración vectorial nula.



Para movimientos de pequeña duración (menor que 24h), se puede despreciar a los efectos de rotación de la Tierra y considerar su velocidad como constante durante el movimiento de translación. En esas condiciones la Tierra puede ser considerada un sistema de referencia inercial.

6 Masa de un cuerpo

Por experiencia propia, se sabe que los cuerpos que presentan mayor inercia son aquellos de mayor masa. Por ejemplo, es más fácil empujar un carrito vacío que uno lleno de compras.

El carrito con compras ofrece mayor resistencia para salir del reposo.

Se puede, entonces, asociar la masa de un cuerpo a su inercia, diciendo que la masa de un cuerpo es la medida numérica de su inercia.

En el Sistema Internacional de Unidades la masa tiene como unidad patrón el kilogramo (kg).

Subido por Leazeel

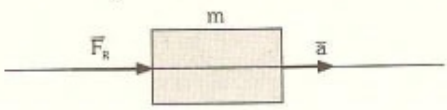
El submúltiplo y el múltiplo usuales del kilogramo son, respectivamente, el gramo (g) y la tonelada (t).

$$1g = \frac{1}{1\,000}\,kg = 10^{-3}kg$$
$$1t = 1\,000\,kg = 10^{3}kg$$

7 Principio fundamental de la Dinámica o 2ª ley de Newton

Este principio establece una proporcionalidad entre causa (fuerza) y efecto (aceleración).

Un punto material de masa m sometido a una fuerza resultante $\vec{F}_R$ adquiere una aceleración $\vec{a}$ en la misma dirección y sentido de la fuerza, tal que:



$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

La resultante de las fuerzas aplicadas a un punto material es igual al producto de su masa por la aceleración adquirida.

En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la unidad de masa es el kilogramo (kg) y la unidad de aceleración es el m/s^2.

Aplicando el principio fundamental de la Dinámica, se tiene la unidad de fuerza newton (N).

$$F_R = m \cdot a$$

$$1N = 1kg \cdot 1\,\frac{m}{s^2}$$

Un newton (N) es la intensidad de la fuerza que, aplicada a un cuerpo de 1kg de masa, le comunica una aceleración de $1m/s^2$.

En el sistema CGS la unidad de masa es el gramo (g), la unidad de aceleración es el cm/s^2 y la unidad de fuerza es la dina (dyn).

$$1dyn = 1g \cdot 1\,\frac{cm}{s^2}$$

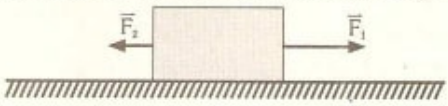
Relación entre el newton y la dina:

$$1N = 10^{5}dyn$$

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Un cuerpo en reposo de 2kg de masa está apoyado sobre un plano horizontal bajo la acción de las fuerzas horizontales $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ de intensidad 10N y 4N, respectivamente, conforme se indica en la figura.



a) ¿Cuál es la aceleración adquirida por el cuerpo?

b) Halle la velocidad y el espacio recorrido por el cuerpo 10s después del inicio del movimiento.

Solución:

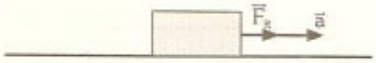
a) Cálculo de la fuerza resultante:

$F_R = F_1 - F_2 \Rightarrow F_R = 10 - 4 \Rightarrow F_R = 6N$

Utilizando el principio fundamental de la Dinámica, se tiene:

$F_R = m \cdot a \Rightarrow 6 = 2 \cdot a \Rightarrow a = 3m/s^2$

Observe que la aceleración del cuerpo tiene la misma dirección y sentido de la fuerza resultante.



b) Como el cuerpo realiza un MUV, se tiene:

$v = v_0 + at \Rightarrow v = 0 + 3 \cdot 10 \Rightarrow v = 30m/s$

$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow \Delta s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

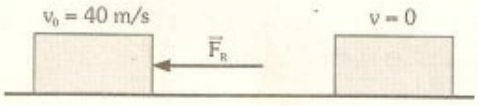
$\Delta s = 0 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 10^2$

$\Delta s = 150m$

Respuesta: a) $3m/s^2$ b) 150m

2 Un cuerpo de 4kg de masa es lanzado en un plano horizontal liso, con una velocidad inicial de 40m/s. Determine la intensidad de la fuerza resultante que debe ser aplicada al cuerpo, contra el sentido del movimiento, para detenerlo a los 20s.

Solución:



Cálculo de la aceleración:

$v = v_0 + at \Rightarrow 0 = 40 + a \cdot 20 \Rightarrow a = -2m/s^2$

Cálculo de la fuerza resultante:

$F_R = m \cdot a \Rightarrow F_R = 4 \cdot (-2) = -8N$

El signo (–) indica que la fuerza resultante tiene sentido opuesto al del movimiento del cuerpo; por tanto, $| \vec{F}_R | = 8N$.

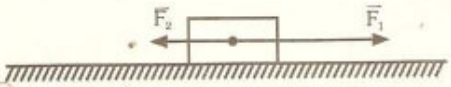
Respuesta: 8N

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

185 Determine la aceleración adquirida por un cuerpo de 2kg de masa, sabiendo que sobre él actúa una fuerza resultante de 8N de intensidad.

186 Un bloque de 4kg de masa se desliza sobre un plano horizontal sujeto a dos fuerzas $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$, conforme a la figura. Siendo la intensidad de las fuerzas $F_1 = 15N$ y $F_2 = 5N$, determine la aceleración del cuerpo.



187 Un automóvil de 1 000kg, partiendo del reposo alcanza una velocidad de 30m/s en 10s. Suponiendo que el movimiento sea uniformemente variado, calcule la intensidad de la fuerza resultante ejercida sobre el automóvil.

188 Un vehículo de 700kg de masa se halla en un plano horizontal liso. Se accionan los frenos cuando su velocidad es 72km/h y él se detiene después de recorrer 50m. Determine la intensidad de la fuerza ejercida por los frenos.

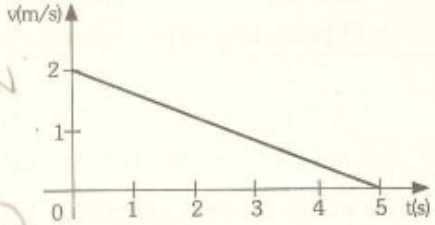
189 Un automóvil de 1 200kg de masa, partiendo del reposo, adquiere en 10s una velocidad de 63km/h. Calcule la fuerza desarrollada por el motor suponiéndola constante. Desprecie los rozamientos.

190 Un cuerpo de 1,8kg de masa aumenta su velocidad de 7m/s a 13m/s durante un recorrido de 52m. Calcule la intensidad de la fuerza constante que fue aplicada al cuerpo durante ese recorrido. Desprecie los rozamientos.

191 Un cuerpo de 5kg de masa, en reposo, recorre, bajo la acción de una fuerza, 20m en 4s. Despreciando los rozamientos:
a) calcule la intensidad de la fuerza aplicada;
b) calcule la velocidad y la distancia recorrida por el cuerpo en 30s.

192 Una caja está en reposo sobre un plano horizontal liso cuando es impulsada por una fuerza de 5N durante 40s. Siendo 90km/h la velocidad adquirida por la caja durante ese intervalo de tiempo, calcule la masa de la caja.

193 El gráfico se refiere al movimiento de un carrito de 10kg de masa lanzado con una velocidad de 2m/s a lo largo de una superficie horizontal. Determine la intensidad de la fuerza resultante que actúa sobre el carrito.



194 Un punto material de masa m = 3kg en reposo está apoyado en una superficie horizontal perfectamente lisa. En un determinado instante, se le aplica una fuerza horizontal de 6N de intensidad. Determine:
a) la aceleración adquirida por el punto material;
b) la velocidad y el desplazamiento del punto material después de 10s de haber iniciado el movimiento.

8 Peso de un cuerpo

Alrededor de la Tierra existe una región llamada *campo gravitacional*, en la cual todos los cuerpos sufren su influencia, que se presenta en forma de una fuerza.

Esas fuerzas de atracción son denominadas *fuerzas gravitacionales*.

Peso es la fuerza de atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre un cuerpo.

Despreciando la resistencia del aire, todos los cuerpos abandonados próximos a la superficie de la Tierra caen debido a sus pesos, con velocidades crecientes, sujetos a una misma aceleración, denominada *aceleración de la gravedad*.

Siendo m la masa del cuerpo y $\vec{g}$ la aceleración de la gravedad, se puede aplicar el principio fundamental de la Dinámica y obtener el peso $\vec{P}$ del cuerpo.

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

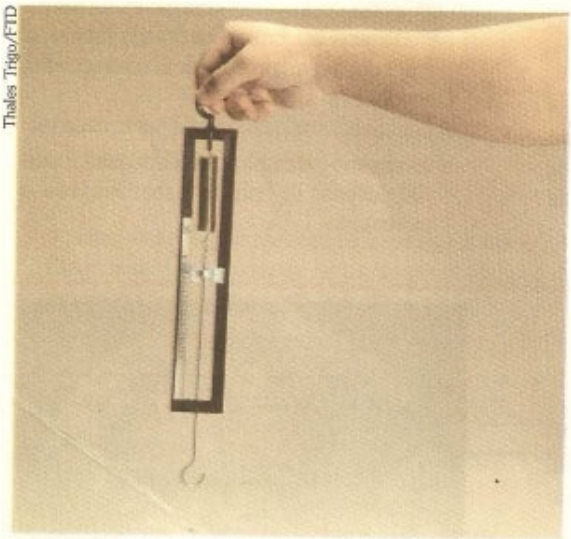
El peso de un cuerpo es una magnitud vectorial que tiene dirección vertical orientada hacia el centro de la Tierra y cuya intensidad depende del valor local de la aceleración de la gravedad.

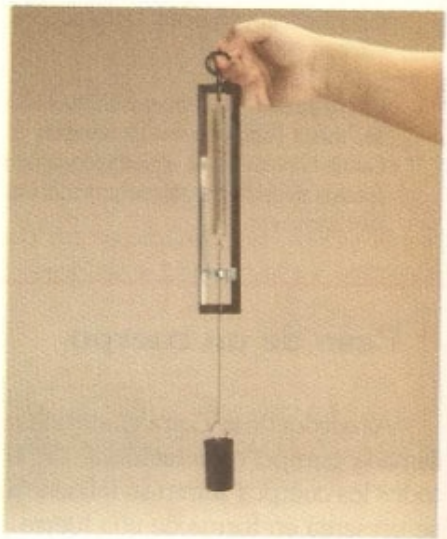
Note que el peso y la masa son magnitudes diferentes.

- La masa es una propiedad exclusiva del cuerpo; no depende del lugar donde es medida.
- El peso del cuerpo depende del lugar donde es medido.

9 Medida de una fuerza

Se puede medir la intensidad de una fuerza por la deformación que ella produce en un cuerpo elástico.


Thales Trigo/FTD


Thales Trigo/FTD

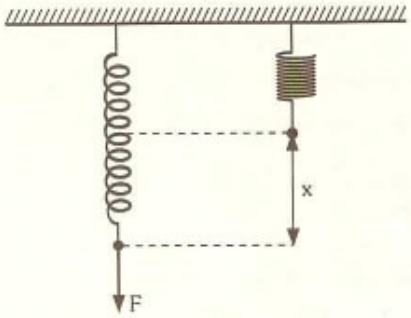
El dispositivo utilizado es el *dinamómetro*, que consiste en un muelle helicoidal de acero envuelto con un protector. En el extremo libre del resorte hay una aguja que se desplaza a lo largo de una escala.

La medida de una fuerza se hace por comparación de la deformación causada por esa fuerza con la de la fuerza patrón.

Subido por Leazeel

10 Deformación elástica

Un resorte presenta una deformación elástica si se retira la fuerza que la deforma, se vuelve a su longitud y forma original cuando se retira la fuerza que lo deforma.



Robert Hooke (científico inglés), enunció la siguiente ley, válida para las deformaciones elásticas:

> La intensidad de la fuerza deformadora es proporcional a la deformación.

La expresión matemática de la ley de Hooke es:

$$F = k \cdot x$$

Donde:
F = fuerza deformadora;
x = deformación experimentada por el resorte;
k = constante de proporcionalidad característica del resorte, llamada constante elástica del resorte.

11 El kilogramo-fuerza (kgf)

El kilogramo-fuerza es una unidad de fuerza muy utilizada en la medición de pesos.

> 1kgf es el peso de un cuerpo de 1kg de masa en un lugar donde la aceleración de la gravedad es normal ($g = 9{,}8 m/s^2$).

$$P = m \cdot g \Rightarrow 1kgf = 1kg \cdot 9{,}8 m/s^2$$
$$1kgf = 9{,}8kg \cdot m/s^2$$

$$1kgf = 9{,}8N$$

Problemas de Aplicación

1 Considere un resorte de longitud inicial x_0, sujeto en uno de los extremos. Se le aplican fuerzas de 100N, 200N y 300N, y el resorte sufre, respectivamente, deformaciones de 2cm, 4cm y 6cm. ¿Cuál es la intensidad de la fuerza deformadora cuando la deformación es 11cm?

Solución:

La constante elástica del resorte es:

$$k = \frac{F}{x} = \frac{100N}{2cm} = \frac{200N}{4cm} = \frac{300N}{6cm} = 50N/cm$$

Para el resorte en cuestión, una deformación elástica de 11cm corresponde a una fuerza de:

$$F = k \cdot x \Rightarrow F = 50 \cdot 11 \Rightarrow F = 550N$$

Respuesta: 550N

2 En la Tierra, la aceleración de la gravedad es 9,8m/s² y en la Luna, 1,6m/s². Para un cuerpo de 5kg de masa, determine:

a) el peso de ese cuerpo en la Tierra;

b) la masa y el peso del cuerpo en la Luna.

Solución:

a) El peso en la Tierra está dado por:

$$P_T = m_T \ g_T \Rightarrow P_T = 5 \cdot 9,8 \Rightarrow P_T = 49N$$

b) Como la masa es una propiedad del cuerpo, tiene el mismo valor en cualquier lugar. Luego:

$$m_T = m_L = 5kg$$

Por tanto:

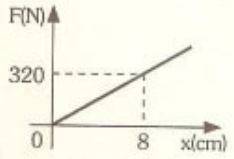
$$P_L = m_L \ g_L \Rightarrow P_L = 5 \cdot 1,6 \Rightarrow P_L = 8N$$

Respuesta: a) 49N b) 8N

PROBLEMAS PROPUESTOS

195 La constante elástica de un resorte es 30N/cm. Determine la deformación sufrida por el resorte cuando se le aplica una fuerza de 120N de intensidad.

196 El gráfico ilustra como varía la intensidad de la fuerza tensora aplicada a un resorte en función de la deformación producida.



a) ¿Cuál es la constante elástica del resorte?

b) ¿Cuál es la intensidad de la fuerza tensora cuando x = 10cm?

197 A un resorte no deformado, de 30cm de longitud y constante elástica igual a 10N/cm, es aplicado un peso de 25N.

a) ¿Cuál es la elongación experimentada por el resorte?

b) Determine la longitud final del resorte.

198 Un astronauta con su traje completo tiene 120kg de masa. Determine su masa y peso cuando es llevado a la Luna, donde la gravedad es de aproximadamente 1,6m/s².

199 ¿Cuál es el peso, en la Luna, de un astronauta que en la Tierra tiene un peso de 784N? Considere $g_T = 9,8m/s^2$ y $g_L = 1,6m/s^2$.

Subido por Leazeel

12 Principio de acción y reacción o 3ª ley de Newton

Cuando dos cuerpos interactúan aparece un par de fuerzas como resultado de la acción que un cuerpo ejerce sobre el otro. Esas fuerzas son comúnmente llamadas de acción y reacción.

El principio de acción y reacción establece las siguientes propiedades de las fuerzas.

> A toda acción corresponde una reacción con la misma intensidad, misma dirección y sentidos contrarios.

Considerando dos patinadores, A y B. A ejerce una fuerza $\vec{F}_A$ en B y éste, simultáneamente, reacciona y ejerce una fuerza $\vec{F}_B$ en A.

Por la 3ª ley de Newton, las fuerzas de acción y reacción presentan:

- la misma intensidad: $|\vec{F}_A| = |\vec{F}_B|$;
- la misma dirección: horizontal;
- sentidos contrarios: $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$ (el signo negativo indica que las fuerzas tienen sentidos opuestos).

Como consecuencia de esa interacción, A y B se van a mover en sentidos contrarios.

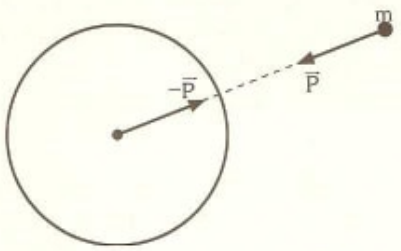
Si bien las fuerzas de acción y reacción representan la misma intensidad, los efectos producidos por ellas dependerán de la masa y de las características de cada cuerpo.

A continuación se muestran importantes ejemplos de la aplicación del principio de acción y reacción.

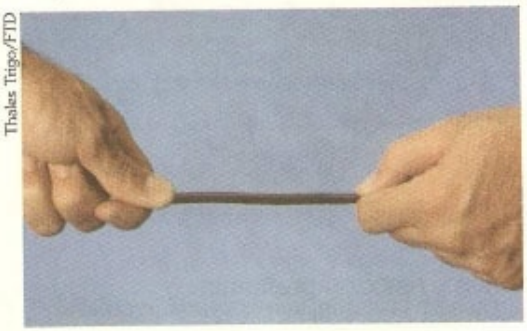
David Stoecklein/Contexto

Se presenta también el par de fuerzas acción–reacción en algunos ejemplos:

a) *Fuerza peso* — En la interacción de la Tierra con un cuerpo, el peso del cuerpo es la acción y la fuerza que el cuerpo ejerce sobre la Tierra es la reacción.



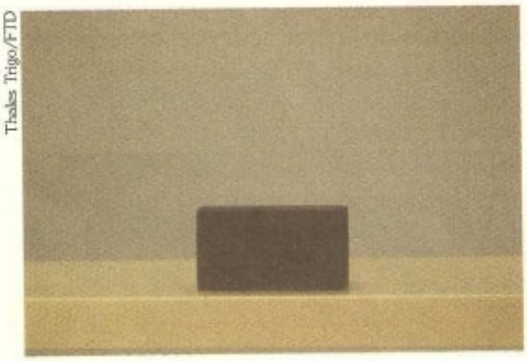
b) *Fuerza de tracción en un hilo* — Cuando estiramos un hilo ideal (inextensible y de masa despreciable), en sus extremos aparecen fuerzas de la misma intensidad llamadas *fuerzas de tracción* (T).

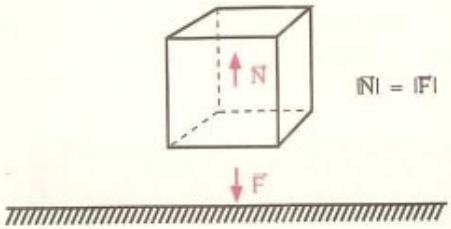

Thales Trigo/FTD

La mano ejerce en el hilo una fuerza T.

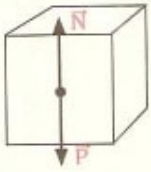
El hilo ejerce en la mano una fuerza T.

c) *Fuerza de reacción normal* — Un cuerpo en reposo, apoyado en una superficie horizontal, aplica a ésta una fuerza $\vec{F}$ de compresión, cuya intensidad es igual al de su peso. La superficie de apoyo ejerce en el cuerpo una fuerza $\vec{N}$ de reacción, a la que, por ser perpendicular a las superficies de contacto, se llama *fuerza de reacción normal de apoyo*.


Thales Trigo/FTD



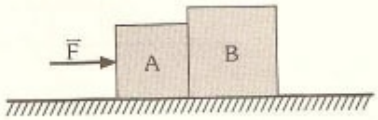
Al considerar el peso del cuerpo, en él actúan dos fuerzas de la misma intensidad y sentidos contrarios, y, como forman entre sí un par de acción y reacción, ellas se anulan.



Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Dos bloques de masas $m_A = 2kg$ y $m_B = 3kg$, que se hallan sobre una superficie horizontal perfectamente lisa, son empujados por una fuerza constante $\vec{F}$ de 20N, como se indica en la figura:



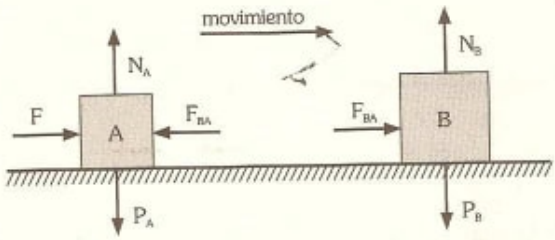
Determine:

a) la aceleración del conjunto;

b) la intensidad de las fuerzas que A y B ejercen entre sí.

Solución:

a) Aislando los cuerpos y haciendo un diagrama de las fuerzas que actúan en cada uno, se tiene:



- N_A y P_A se anulan;
- N_B y P_B se anulan.

F_{AB} y F_{BA} forman un par de acción–reacción ($F_{AB} = F_{BA} = f$). Aplicando el principio fundamental de la Dinámica, se tiene:

cuerpo A $\Rightarrow F - F_{BA} = m_A\ a$

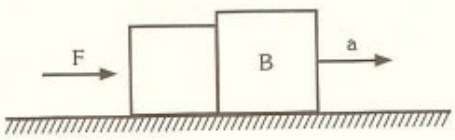
cuerpo B $\Rightarrow F_{AB} = m_B\ a$

Sustituyendo, se tiene:

$$F - f = m_A\, a$$
$$f = m_B\, a \quad \oplus$$
$$F = (m_A + m_B)\, a \Rightarrow 20 = (2 + 3)a \Rightarrow a = 4m/s^2$$

Observación:

Para el cálculo de la aceleración, los bloques A y B se pueden considerar como un único bloque de masa $(m_A + m_B)$ sujeto a la fuerza resultante F. Por el principio fundamental de la Dinámica:

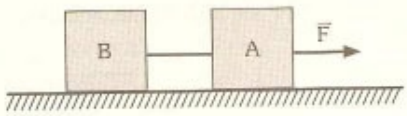


$$F = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow 20 = 5a \Rightarrow a = 4m/s^2$$

b) $f = m_B\, a \Rightarrow f = 3 \cdot 4 \Rightarrow f = 12N$

Respuesta: a) $4m/s^2$ b) 12N

2 Dos cuerpos, A y B, de masas respectivamente iguales a 6kg y 4kg, están unidos por un hilo ideal. La superficie de apoyo es horizontal y perfectamente lisa. Se aplica a A una fuerza $\vec{F}$ horizontal de 20N, conforme indica la figura.



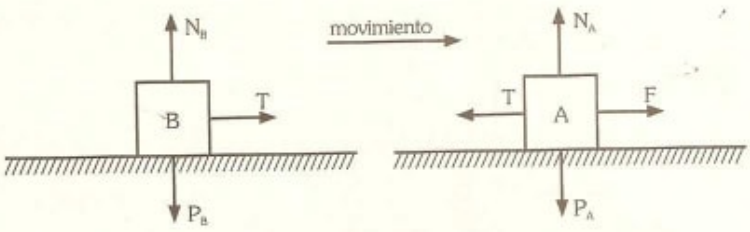
Determine:

a) la aceleración del conjunto;

b) la intensidad de la fuerza de tracción en el hilo.

Solución:

a) Aislando los cuerpos y haciendo un diagrama de las fuerzas que actúan en cada uno, se tiene:



- N_B y P_B se anulan;
- N_A y P_A se anulan.

Aplicando el principio fundamental de la Dinámica en cada cuerpo, se tiene:

cuerpo A $\Rightarrow F - T = m_A a$

cuerpo B $\Rightarrow$ $T = m_B a$ $\oplus$

$F = (m_A + m_B)a \Rightarrow 20 = (6 + 4)a \Rightarrow a = 2m/s^2$

Observación:

Considerando el conjunto como un único cuerpo, sujeto a la fuerza resultante F, se tiene:

$F_R = m \cdot a \Rightarrow F = (m_A + m_B)a$

$20 = 10a$

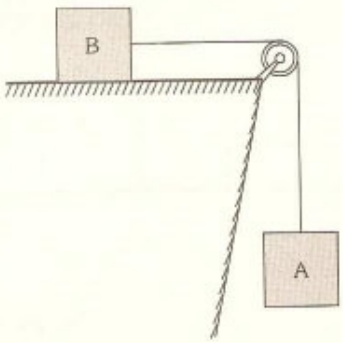
$a = 2m/s^2$

b) $T = m_B a \Rightarrow T = 4 \cdot 2 \Rightarrow T = 8N$

Respuesta: a) $2m/s^2$ b) 8N

3 La figura de al lado muestra dos cuerpos, A y B, unidos entre sí por un hilo que pasa por una polea.

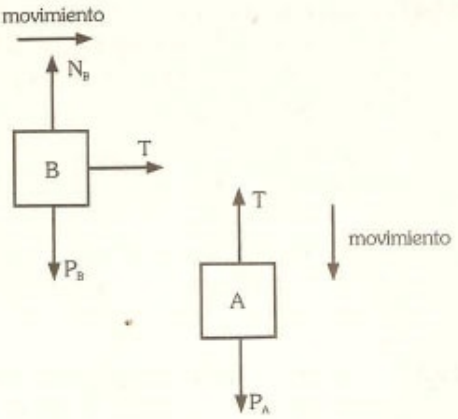
Abandonándose el sistema en reposo a la acción de la gravedad, se verifica que el cuerpo A desciende con una aceleración de $3m/s^2$. Sabiendo que $m_B = 7kg$, calcule la masa del cuerpo A. Desprecie los rozamientos y considere $g = 10m/s^2$.



Subido por Leazeel

Solución:

Aislando los cuerpos, se tiene:



- P_B y N_B se anulan.

Aplicando el principio fundamental de la Dinámica, se tiene:

cuerpo A $\Rightarrow P_A - T = m_A a$

cuerpo B $\Rightarrow \quad T = m_B a$

$$P_A = (m_A + m_B)\, a \Rightarrow m_A g = (m_A + m_B) \cdot a$$

$$m_A \cdot 10 = (m_A + 7) \cdot 3$$

$$m_A = 3kg$$

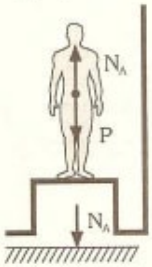
Respuesta: 3kg

4 Un pasajero de 80kg de masa está en un ascensor que baja verticalmente con una aceleración constante de $2m/s^2$.

Determine la intensidad de la fuerza que el piso del ascensor ejerce sobre el pasajero.

Solución:

En el pasajero actúan las fuerzas peso y normal. Como él está bajando con la misma aceleración del ascensor, $P > N_A$; aplicando el principio fundamental de la Dinámica en el pasajero, se tiene:



$$F_R = ma \Rightarrow P - N_A = m \cdot a \Rightarrow 800 - N_A = 80 \cdot 2$$

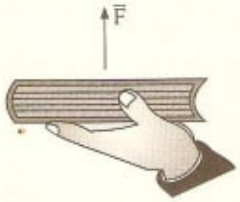
$$N_A = 640N$$

Si fuese colocada una balanza en el piso del ascensor ésta indicaría 640N.

Respuesta: 640N

PROBLEMAS PROPUESTOS

200 Una persona soporta en la palma de la mano un libro de 1kgf de peso. En un determinado instante, deseando lanzar el libro hacia arriba, ella ejerce sobre éste una fuerza F = 1,5kgf, como indica la figura.



Responda a las siguientes preguntas y justifique sus respuestas.

a) En el mismo instante indicado en la figura, ¿cuánto es la fuerza ejercida por el libro sobre la mano de la persona?

b) ¿Cuánto es y donde está aplicada la fuerza de reacción al peso del libro?

201 Un niño chuta una piedra, ejerciendo sobre ella una fuerza de 100N. ¿Cuánto vale la reacción de esa fuerza? ¿Quién la ejerce y donde está aplicada esa reacción?

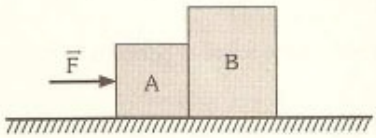
202 Los cuerpos A y B se encuentran apoyados sobre una superficie horizontal plana perfectamente lisa. Una fuerza $\vec{F}$ de 40N de intensidad se aplica en A conforme indica la figura.

Siendo m_A = 2kg y m_B = 8kg, determine:

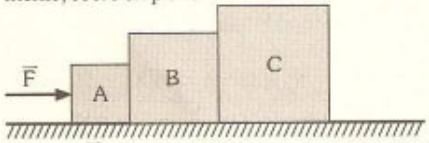
a) la aceleración de los cuerpos A y B;

b) la fuerza que A ejerce en B;

c) la fuerza que B ejerce en A.



203 El esquema representa un conjunto de tres cuerpos, A, B y C, de 2kg, 3kg y 5kg de masa, respectivamente, sobre un plano horizontal sin rozamiento.



La fuerza $\vec{F}$, horizontal, tiene una intensidad de 60N.

a) ¿Cuál es la aceleración del conjunto?

b) ¿Cuál es la intensidad de la fuerza que A ejerce sobre B y B ejerce sobre C?

204 Dos bloques idénticos, unidos por un hilo de masa despreciable, están sobre una mesa lisa y horizontal conforme indica la figura. La fuerza máxima que el hilo puede resistir es de 20N.

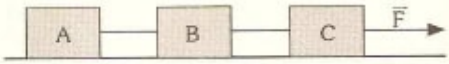
¿Cuál es el valor máximo de la fuerza $\vec{F}$ que se podrá aplicar a uno de los bloques, en la misma dirección del hilo, sin que el hilo se suelte?

205 En el esquema, los bloques A, B y C tienen masas iguales a 4kg cada uno, y la fuerza $\vec{F}$, paralela al plano horizontal, tiene una intensidad de 60N. Despreciando los rozamientos, determine:

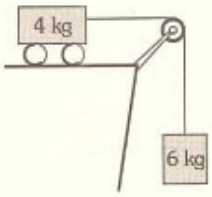
a) la aceleración del conjunto;

b) la tracción en el hilo que une A y B;

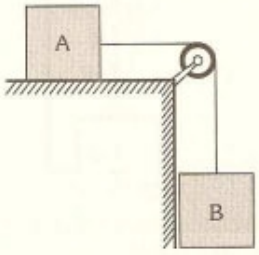
c) la tracción en el hilo que une B y C.



206 Determine la aceleración del conjunto de la figura y la intensidad de la tracción en la cuerda, suponiendo que no exista rozamiento. Desprecie la masa de la cuerda y considere g = 10m/s².

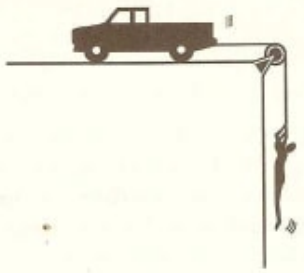


207 La figura ilustra dos cuerpos con masas m_A y m_B = 8kg, unidos entre sí por un hilo que pasa por una polea. Abandonándose el sistema en reposo a la acción de la gravedad, se verifica que el cuerpo B recorre la distancia L = 4m durante el tiempo t = 1s. Calcule m_A. Desprecie los rozamientos y considere g = 10m/s².



Subido por Leazeel

208 Con una camioneta de 2 000kg se intenta rescatar a un operario que se halla en un precipicio, utilizando un cabo inextensible que une el vehículo al infortunado trabajador de 80kg de masa. Despreciando el rozamiento en la polea.



Si el hombre sube con una aceleración de $1m/s^2$, responda:

a) ¿Cuál es la fuerza que mueve la camioneta?

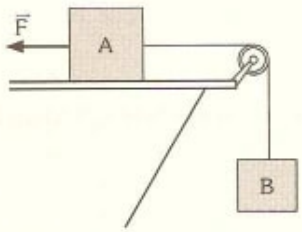
b) El cabo soporta en lo máximo una tracción de 2 000N. ¿Será posible el rescate con esa aceleración sin que la cuerda se rompa?

Considere: aceleración local de la gravedad $10m/s^2$.

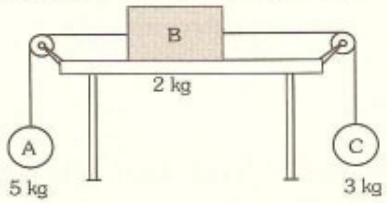
209 El bloque A de la figura tiene masa $m_A = 80kg$; el bloque B tiene masa $m_B = 20kg$; la fuerza $\vec{F}$ tiene una intensidad de 600N; los rozamientos y la inercia del hilo y de la polea son despreciables. Admitiendo que $g = 10m/s^2$, determine:

a) la aceleración del bloque B;

b) la intensidad de la fuerza F en el hilo.



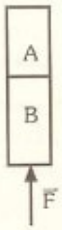
210 En la figura, el cuerpo B está unido por hilos inextensibles y perfectamente flexibles a los cuerpos A y C. El bloque B está sobre una mesa horizontal. Desprecie a todos los rozamientos y las masas de los hilos que unen los cuerpos. Determine el módulo de la aceleración de C y la intensidad de las tracciones en los hilos. Adopte $g = 10m/s^2$.



211 ¿Cuál es la intensidad de la fuerza que se debe aplicar a un cuerpo de 1kg de masa, de modo que el cuerpo suba verticalmente, con una aceleración de $1m/s^2$? Desprecie a la resistencia del aire y adopte $g = 10m/s^2$.

212 Una cuerda vertical puede soportar una fuerza máxima de tracción igual a 800N. Determine la mínima aceleración para que un indivíduo de 100kg de masa pueda descender deslizándose por la cuerda sin romperla. Adopte $g = 10m/s^2$.

213 Dos cuerpos, A y B, de 2kg y 6kg de masa, suben verticalmente con movimiento acelerado bajo la acción de una fuerza $\vec{F}$, de 120N de intensidad.

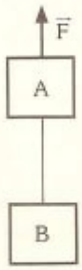


Considerando $g = 10m/s^2$:

a) determine la aceleración del conjunto;

b) calcule la intensidad de la fuerza que el cuerpo B ejerce en el cuerpo A.

214 Dos cuerpos, A y B, de masas iguales a 4kg y 5kg, respectivamente, están unidos por un hilo ideal, conforme se indica en la figura. Al cuerpo A se aplica una fuerza vertical $\vec{F}$ de 117N de intensidad. Adopte $g = 10m/s^2$.



a) ¿Cuál es la aceleración del conjunto?

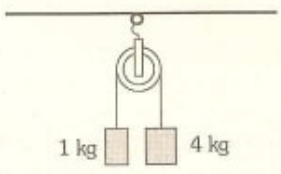
b) ¿Cuál es la intensidad de la tracción en el hilo?

215 En el aparejo experimental de la figura, los hilos y las poleas tienen masas despreciables. El hilo es inextensible y pasa por la polea sin rozamiento. Adopte $g = 10m/s^2$ y determine:

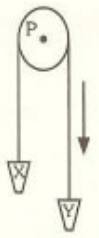
a) la aceleración de los cuerpos;

b) la tracción en el hilo;

c) la tracción en el asta que sujeta la polea.

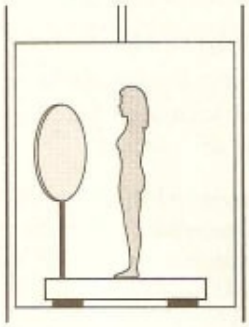


216 En la figura de la derecha, X e Y son cuerpos unidos por un hilo inextensible, de masa despreciable y perfectamente flexible, que pasa por una polea P. La aceleración de Y es igual a $2m/s^2$ y su peso es igual a 30N.



La flecha indica el sentido de la aceleración de Y. Considerando que los rozamientos son despreciables y que la aceleración local de la gravedad es igual a $10m/s^2$, calcule la masa del cuerpo X.

217 Considere que su masa sea 40kg y que se halle sobre una balanza en el interior de un ascensor, como ilustra la figura. Considere $g = 10m/s^2$.



¿Qué indica la balanza cuando el ascensor:

a) sube acelerando, con una aceleración constante de $2m/s^2$?

b) baja acelerando, con una aceleración constante de $2m/s^2$?

c) baja frenando, con una aceleración constante de $2m/s^2$?

d) sube con velocidad constante?

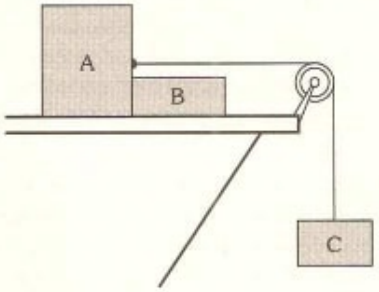
e) cae en caída libre (los cabos se rompen)?

218 Los cuerpos A y B tienen masas $m_A = 1kg$ y $m_B = 3kg$. El cuerpo C está sujeto al hilo y tiene masa $m_C = 1kg$. Sabiendo que A y B se deslizan sin rozamiento sobre el plano horizontal y que el hilo y la polea son ideales, determine:

a) la aceleración del conjunto;

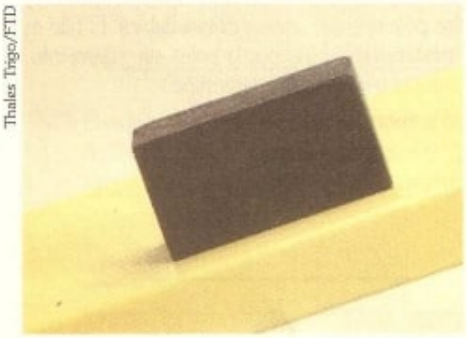
b) la tracción en el hilo;

c) la fuerza que A ejerce en B.

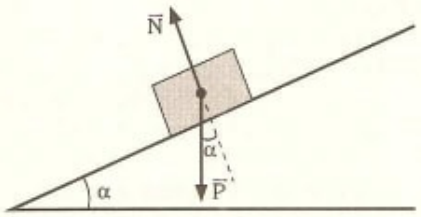


13 Plano inclinado

Considerando un cuerpo apoyado sobre un plano inclinado que forma un ángulo α con la horizontal.



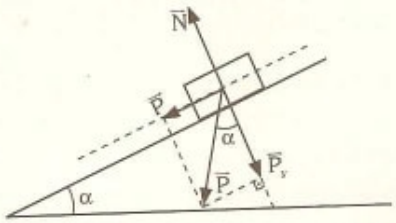
Thales Trigo/FTD



Dos fuerzas actúan en el cuerpo: el peso $\vec{P}$, vertical hacia abajo, y la reacción normal del apoyo $\vec{N}$, *perpendicular al plano inclinado*.

Subido por Leazeel

Descomponiendo el peso $\vec{P}$ en dos componentes, una $\vec{P}_x$, paralela al plano, y otra $\vec{P}_y$, perpendicular al plano, se tiene:



La componente $\vec{P}_y$ anula la reacción normal del apoyo $\vec{N}$ y la componente $\vec{P}_x$ es la resultante que hace que el cuerpo descienda.

A partir del triángulo rectángulo de la figura se obtienen las intensidades de las componentes $\vec{P}_x$ y $\vec{P}_y$.

$$\text{sen } \alpha = \frac{P_x}{P} \Rightarrow \boxed{P_x = P \text{ sen } \alpha} \quad \text{y} \quad \cos \alpha = \frac{P_y}{P} \Rightarrow \boxed{P_y = P \cos \alpha}$$

Problema de Aplicación

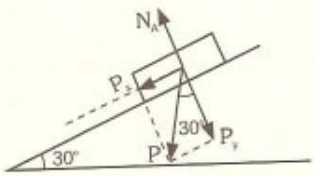
Un cuerpo de 8kg de masa es abandonado sobre un plano inclinado cuyo ángulo de elevación es de 30°. El rozamiento entre el cuerpo y el plano es despreciable. Admitiendo $g = 10 m/s^2$, determine:

a) la aceleración del cuerpo;

b) la intensidad de la reacción normal de apoyo.

Solución:

Aislando el cuerpo, se tiene:



Descomponiendo el peso, se tiene:

$$P_x = P \text{ sen } 30° = \frac{mg}{2}$$

$$P_y = P \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} mg$$

a) En la dirección del plano del apoyo la fuerza resultante es P_x. Luego:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow P_x = m \cdot a \Rightarrow \frac{mg}{2} = m \cdot a \Rightarrow \frac{10}{2} = a \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2$$

Note que la aceleración no depende de la masa del cuerpo.

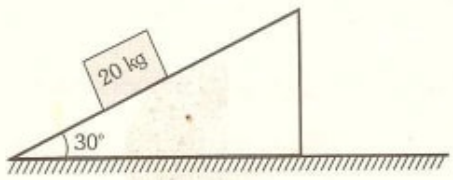
b) En la dirección perpendicular al plano de apoyo no hay movimiento; P_y anula N_A.

$$N_A = P_y \Rightarrow N_A = \frac{\sqrt{3}}{2} mg \Rightarrow N_A = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8 \cdot 10 \Rightarrow N_A = 40\sqrt{3}N$$

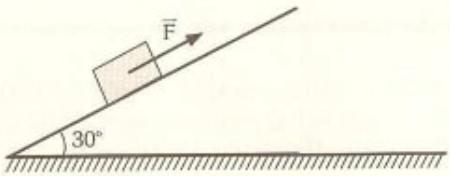
Respuesta: a) $5 m/s^2$ b) $40\sqrt{3}N$

PROBLEMAS PROPUESTOS

219 En el esquema, un bloque de 20kg es abandonado libremente en un plano inclinado perfectamente liso. Siendo $g = 10 m/s^2$, determine:
a) la intensidad de la reacción del plano de apoyo;
b) la aceleración del bloque.

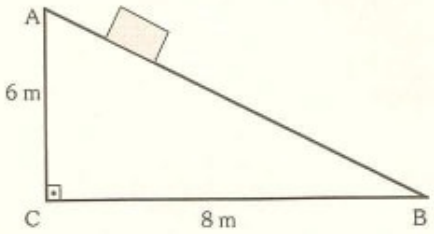


220 Un cuerpo de 4kg de masa se mueve sobre un plano inclinado perfectamente liso, empujado por una fuerza $\vec{F}$ paralela al plano inclinado, como indica la figura.



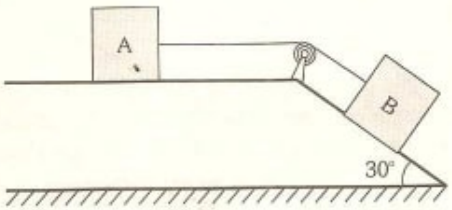
Sabiendo que $g = 10 m/s^2$, calcule la intensidad de $\vec{F}$ en los siguientes casos:
a) el cuerpo sube el plano inclinado con aceleración de $2 m/s^2$;
b) el cuerpo sube el plano inclinado con velocidad constante.

221 Un cuerpo de 1kg de masa es abandonado en el punto A del plano inclinado de la figura.

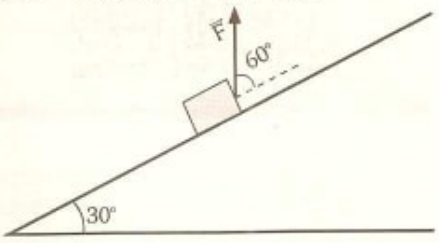


Desprecie los rozamientos, la resistencia del aire y adopte $g = 10 m/s^2$. Calcule la velocidad del cuerpo al alcanzar el punto B.

222 En el sistema, el rozamiento entre los bloques y el plano y en la roldana es despreciable. Siendo $m_A = 20kg$, $m_B = 30kg$ y $g = 10 m/s^2$, determine:
a) la aceleración del sistema;
b) la tracción en el hilo.

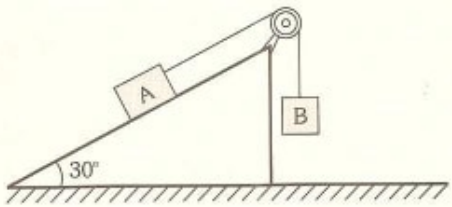


223 El cuerpo de 20kg de masa baja sin rozamiento el plano inclinado indicado en la figura.



Siendo $F = 40N$, $g = 10 m/s^2$, $\text{sen } 60° = \cos 30° = 0{,}86$, calcule:
a) la aceleración del cuerpo;
b) la intensidad de la reacción normal del plano inclinado sobre el cuerpo.

224 En el esquema los cuerpos tienen masas $m_A = 3kg$ y $m_B = 2kg$. El plano inclinado es perfectamente liso. El hilo es inextensible y pasa sin rozamiento por la polea. Siendo $g = 10 m/s^2$, determine:
a) la aceleración del conjunto;
b) la tracción en el hilo.



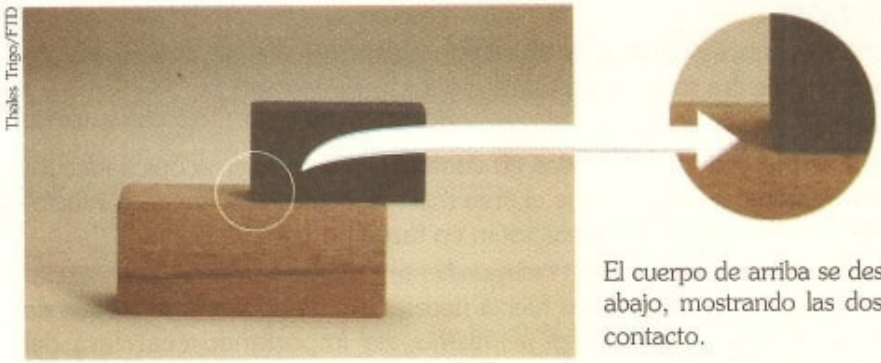
Subido por Leazeel

14 Fuerza de rozamiento

El hecho de tratar de hacer que un cuerpo se deslice sobre una superficie sin conseguirlo está justificado por la aparición de una fuerza entre las superficies de contacto que impide el movimiento, denominada *fuerza de rozamiento estático*.

Cuando un cuerpo se desliza sobre otro surge una fuerza de contacto que se opone al movimiento, denominada *fuerza de rozamiento dinámico*.

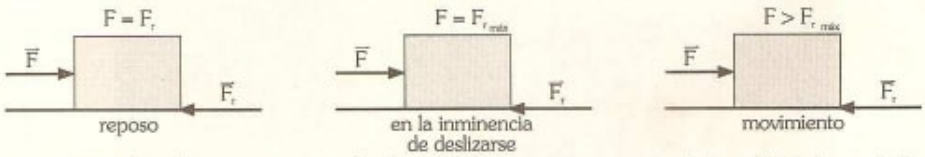
La fuerza de rozamiento entre cuerpos sólidos es debida a las asperezas de las superficies en contacto y disminuye con el pulido o con el uso de lubrificantes.



Thales Trigo/FTD

El cuerpo de arriba se desliza sobre el de abajo, mostrando las dos superficies en contacto.

Suponiendo que un cuerpo sobre una superficie es impulsado por la fuerza $\vec{F}$. Mientras que el cuerpo no se desliza, a medida que crece el valor de $\vec{F}$ crece también el valor de la fuerza de rozamiento estático, de modo a equilibrar la fuerza $\vec{F}$, impidiendo el movimiento. Cuando la fuerza $\vec{F}$ alcanza un determinado valor, el cuerpo queda en inminencia de deslizarse, y la fuerza de rozamiento estático alcanza su valor máximo. A partir de ese instante, con cualquier incremento que sufra la fuerza $\vec{F}$, el cuerpo comienza a deslizarse.

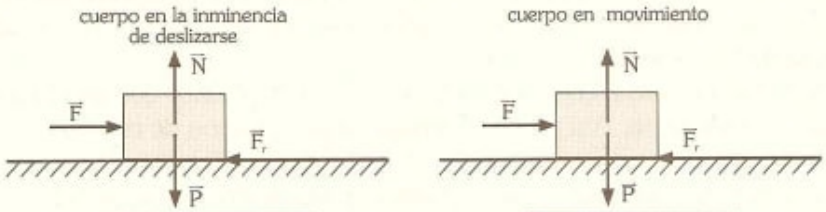


Una vez iniciado el movimiento, la fuerza de rozamiento estático deja de existir, pasando a actuar la fuerza de rozamiento dinámico, de valor inferior al valor máximo de la fuerza de rozamiento estático.

La fuerza de rozamiento entre un par cualquiera de superficies responde a las siguientes leyes:

1ª) Es aproximadamente independiente del área de contacto.

2ª) Es aproximadamente proporcional a la intensidad de la fuerza normal.



$$F_{r\,máx} = \mu \cdot N$$

$$F_r = \mu \cdot N$$

Subido por Ipazel

El factor μ es una constante de proporcionalidad, llamada *coeficiente de rozamiento*, que depende del material de los cuerpos en contacto y del pulido de las superficies.

El μ es adimensional y recibe nombre de *coeficiente de rozamiento estático* (μ_e) en la inminencia del deslizamiento y el de *coeficiente de rozamiento dinámico* (μ_d) cuando ya fue iniciado el movimiento. La experiencia muestra que, para un mismo par de superficies, $\mu_e > \mu_d$.

En los ejercicios, si no se especifica μ_e o μ_d, se utiliza simplemente el coeficiente de rozamiento μ y se admite $\mu_e = \mu_d$.

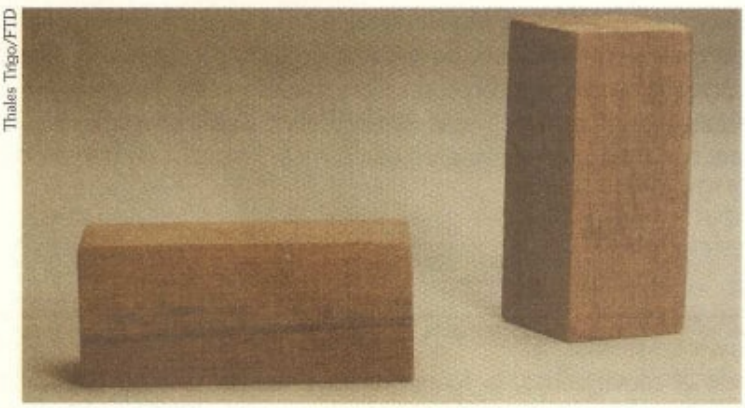
Las dos leyes del rozamiento fueron descubiertas experimentalmente por Leonardo da Vinci (1452-1519).

Fue el científico francés Charles A. Coulomb quién, estudiando el rozamiento, estableció la diferencia entre rozamiento estático y dinámico.

Observaciones:

1ª) Cuando dos cuerpos son colocados en contacto, el área microscópica efectiva de contacto es mucho menor que el área macroscópica aparente de contacto. Se puede establecer que esas áreas están en razón de 1 a 10^4.

2ª) Como la fuerza de rozamiento es independiente del área aparente de contacto, eso significa, por ejemplo, que la fuerza necesaria para arrastrar un bloque de madera sobre una superficie es la misma, no importando cual cara del bloque esté en contacto con la superficie.



Thales Trigo/FTD

Esto es porque el área microscópica de contacto es la misma para las dos posiciones del bloque.

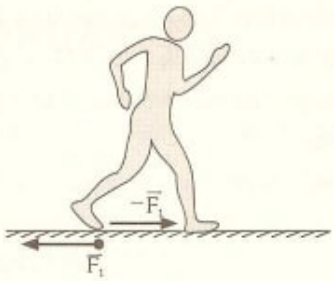
La justificación de tal hecho es que con mayor cara de apoyo hay un número relativamente grande de áreas de contacto, muy pequeñas, que soportan el peso del bloque. Por otro lado, con menor cara de apoyo, los contactos son en menor número (pues el área aparente de contacto es menor). Así pues es mayor la presión ejercida por el bloque sobre ese número menor de contactos que soportan al bloque.

3ª) La fuerza de rozamiento por rodadura es mucho menor que en el rozamiento por deslizamiento. Ahí reside la ventaja de la invención de la rueda.

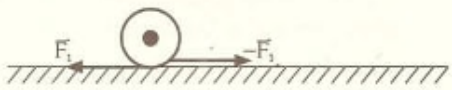
Es debido al rozamiento que se puede caminar sobre una superficie.

Subido por Leazeel

El pie de la persona ejerce una fuerza $\vec{F}_1$ sobre el suelo y, debido al rozamiento, el suelo aplica al pie la fuerza $-\vec{F}_1$ (principio de la acción y reacción), que empuja a la persona hacia adelante. Si no hubiese rozamiento, el pie de la persona resbalaría hacia atrás.



En un automóvil con tracción trasera, son las ruedas traseras que empujan el suelo hacia atrás, ejerciendo sobre él la fuerza $\vec{F}_1$, y, debido al rozamiento (fuerzas de acción y reacción), el suelo ejerce sobre las ruedas la fuerza $-\vec{F}_1$, que empuja el automóvil hacia adelante.



Problemas de Aplicación

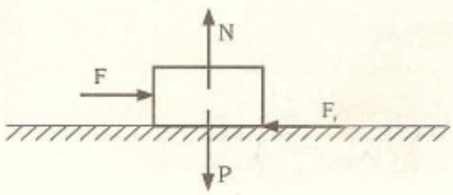
1 Un cuerpo de 200N de peso está en reposo sobre una superficie horizontal donde los coeficientes de rozamiento estático y dinámico valen 0,4 y 0,3, respectivamente. Calcule la intensidad de la fuerza paralela al plano que permita al cuerpo:

a) entrar en movimiento;

b) moverse con movimiento rectilíneo uniforme.

Solución:

a) Aislando el cuerpo, se tiene:



En la dirección vertical no hay movimiento: N equilibra P $\Rightarrow$ N = P.

Para que el cuerpo entre en movimiento, la fuerza $\vec{F}$ tendrá que ser mayor que la $F_{r_{máx}}$ que surge en la inminencia del deslizamiento.

$F_{r_{máx}} = \mu_e N \Rightarrow F_{r_{máx}} = \mu_e P \Rightarrow F_{r_{máx}} = 0{,}4 \cdot 200 = 80N$

Luego, F > 80N.

b) Después de que el cuerpo entró en movimiento, para mantenerlo en MRU (a = 0), se debe tener:

$F_R = m \cdot a \Rightarrow F - F_r = 0 \Rightarrow F = \mu_d N \Rightarrow F = 0{,}3 \cdot 200 = 60N$

Respuesta: a) F > 80N b) F = 60N

Subido por Leazel

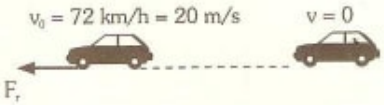
2 Un automóvil de 900kg, que marcha a 72km/h, frena bruscamente y se detiene a los 4s.

a) ¿Cuál es el módulo de la aceleración del automóvil?

b) ¿Cuál es el módulo de la fuerza de rozamiento que actúa sobre el automóvil?

Solución:

a) Aislando el automóvil, se tiene:



La única fuerza que actúa sobre el automóvil en movimiento es la fuerza de rozamiento que produce en el automóvil un movimiento uniformemente retardado. Luego:

$v = v_0 + at \Rightarrow 0 = 20 + a \cdot 4$

$a = -5m/s^2 \therefore |a| = 5m/s^2$

b) $F_r = ma \Rightarrow F_r = 900\,(-5)$

$F_r = -4\,500N$ (sentido contrario al movimiento)

Luego, el módulo de la fuerza de rozamiento es 4 500N.

Respuesta: a) $5m/s^2$ b) 4 500N

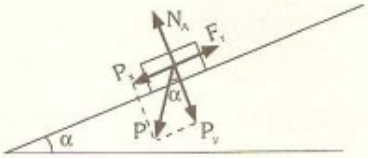
3 Un cuerpo de 5kg de masa que desciende por un plano inclinado forma un ángulo α con la horizontal. El coeficiente de rozamiento entre las superficies es 0,4. Considerando $g = 10m/s^2$ y siendo sen $\alpha = 0,8$ y cos $\alpha = 0,6$, calcule:

a) la reacción normal del apoyo;

b) la aceleración del cuerpo.

Solución:

a) Esquema



Si m = 5kg, entonces : $P = 5 \cdot 10 = 50N$.

Cálculo de P_x y P_y:

$P_x = P \cdot \text{sen}\,\alpha = 50 \cdot 0,8 = 40N$ $\quad P_y = P \cdot \cos\alpha = 50 \cdot 0,6 = 30N$

La reacción normal del apoyo N_A es equilibrada por P_y:

$N_A = P_y \Rightarrow N_A = 30N$

b) La fuerza de rozamiento es igual a:

$F_r = \mu \cdot N_A = 0,4 \cdot 30 = 12N$

Aplicando el principio fundamental de la Dinámica, se tiene:

$P_x - F_r = m \cdot a \Rightarrow 40 - 12 = 5a \Rightarrow a = 5,6m/s^2$

Respuesta: a) 30N b) $5,6m/s^2$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

225 Para iniciar el movimiento de un cuerpo de 10kg de masa, apoyado sobre un plano horizontal, se necesita una fuerza mínima de 60N. Para mantener el cuerpo en movimiento uniforme es necesario aplicar al bloque una fuerza de 50N. Determine los coeficientes de rozamiento estático y dinámico entre el cuerpo y el plano. Adopte $g = 10 m/s^2$.

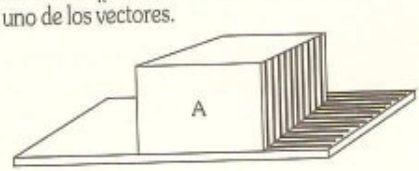
226 Un grupo de alumnos realiza una experiencia usando una caja, de masa igual a 2kg, que se encuentra en reposo sobre una mesa horizontal. La caja se estira con una fuerza horizontal $\vec{F}$, ejercida a través de un dinamómetro, conforme indica la figura. La estudiante Jaqueline realiza medidas del módulo de $\vec{F}$ y de la aceleración correspondiente a la caja, construyendo la tabla de abajo.

F	0	10	20	N
a	0	0	1	m/s^2

a) Cuando F = 10N, ¿es posible que se obtenga a = 0? ¿O es resultado de un error en las medidas de Jaqueline?

b) ¿Cuál es el valor de la fuerza de rozamiento cinético entre la caja y la mesa, cuando el módulo de $\vec{F}$ vale 20N? Justifique sus respuestas.

227 El bloque A se mueve hacia la derecha sobre el plano horizontal. El módulo de la velocidad del bloque experimenta disminuciones iguales en intervalos de tiempo iguales. Haga un esquema de la figura mostrando la dirección y el sentido de los vectores velocidad ($\vec{v}$), aceleración ($\vec{a}$) y fuerza resultante ($\vec{F}_R$) sobre el bloque A, identificando cada uno de los vectores.

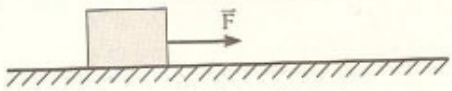


228 Un automóvil de 800kg, que marcha a una velocidad de 108km/h, frena bruscamente y se detiene a los 5s.

a) ¿Cuál es la aceleración del automóvil?

b) ¿Cuál es el valor de la fuerza de rozamiento que actúa sobre el automóvil?

229 Un cuerpo de 3,2kg de masa se coloca sobre un plano horizontal rugoso. Se aplica a él una fuerza F = 14,4N, conforme indica la figura.



Determine el espacio recorrido por el cuerpo en 18s, sabiendo que el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es igual a 0,3 y $g = 10 m/s^2$.

230 Un cuerpo de masa igual a 5kg es empujado horizontalmente sobre una mesa por una fuerza $\vec{F}$, también horizontal, de 15N de intensidad. Se observa que el cuerpo acelera a razón de $2 m/s^2$. ¿Cuál es la intensidad de la fuerza de rozamiento presente?

231 Un cuerpo se desliza sobre un plano horizontal, solicitado por una fuerza de 100N. Un observador determina la aceleración del cuerpo: $a = 1 m/s^2$. Sabiendo que el coeficiente de rozamiento dinámico entre el plano de apoyo es 0,1, calcule la masa del cuerpo. Adopte $g = 10 m/s^2$.

232 Un bloque de 2kg de masa es lanzado sobre un plano horizontal con una velocidad de 30m/s y se detiene después de deslizarse 90m. Considere $g = 10 m/s^2$ y calcule:

a) la intensidad de la fuerza de rozamiento entre el bloque y el plano;

b) el coeficiente de rozamiento.

233 Un automóvil de 1 tonelada de masa está en una carretera horizontal.

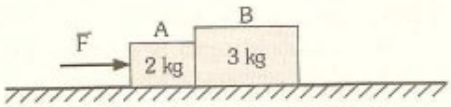
a) Explique físicamente lo que hace ese automóvil accionado para que pueda moverse sobre esa carretera.

b) En el caso de que el automóvil esté frenado, ¿qué fuerza mínima el conductor necesita hacer para empujarlo sin desembragarlo para conseguir ponerlo en movimiento?

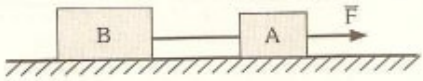
Siendo la aceleración de la gravedad local $g = 10 m/s^2$ y el coeficiente de rozamiento estático entre la carretera y los neumáticos $\mu_e = 0,50$.

234 Los bloques A y B se encuentran apoyados sobre una superficie horizontal, donde el coeficiente de rozamiento entre cada cuerpo y el plano es $\mu = 0{,}2$. Una fuerza constante de 20N de intensidad se ejerce sobre A, conforme indica la figura. Determine:

a) la aceleración de los bloques;
b) la fuerza que B ejerce sobre A;
c) la fuerza que A ejerce sobre B.

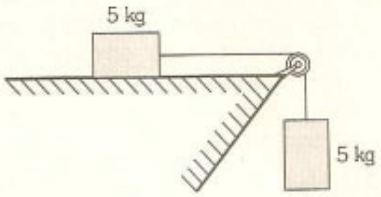


235 Dos bloques, A y B, de 30N y 70N de peso, respectivamente, se apoyan sobre una mesa horizontal.

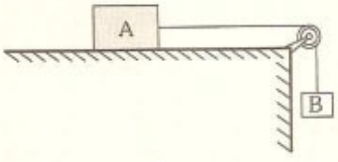


El coeficiente de rozamiento entre los bloques y la mesa es 0,4. Se aplica al primer bloque una fuerza de 50N de intensidad y suponiendo $g = 10\text{m/s}^2$, calcule la aceleración comunicada al sistema.

236 En el esquema de abajo la superficie horizontal es rugosa y tiene coeficiente de rozamiento $\mu = 0{,}3$. Adopte $g = 10\text{m/s}^2$ y calcule la aceleración de los bloques.



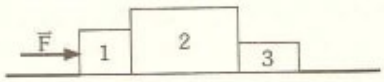
237 En la figura siguiente, el coeficiente de rozamiento por deslizamiento entre el bloque A y la mesa es de 0,2.



La masa del bloque A es de 25kg, la aceleración de la gravedad en el lugar es 10m/s^2 y el hilo que une A a B es inextensible y de masa despreciable.

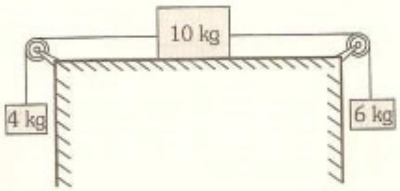
a) Represente en la figura todas las fuerzas que actúan en los bloques A y B.
b) Determine la masa del bloque B para que el sistema tenga aceleración de 2m/s^2.

238 La figura representa tres bloques de masas $m_1 = 1\text{kg}$, $m_2 = 2{,}5\text{kg}$ y $m_3 = 0{,}5\text{kg}$, respectivamente.



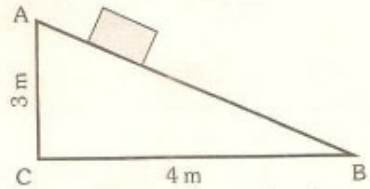
Entre los bloques y el piso sobre el que se apoyan existe rozamiento, cuyos coeficientes cinético y estático son 0,10 y 0,15, respectivamente, y la aceleración de la gravedad es 10m/s^2. Si al bloque m_1 es aplicada una fuerza $\vec{F}$ horizontal de 10N, determine la fuerza que el bloque 2 ejerce sobre el bloque 3.

239 El sistema indicado, donde las poleas son ideales, permanece en reposo gracias a la fuerza de rozamiento entre el cuerpo de 10kg y la superficie de apoyo.

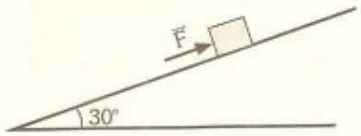


Determine el valor de la fuerza de rozamiento. Adopte $g = 10\text{m/s}^2$.

240 Un bloque de 4,5kg de masa es abandonado en reposo en un plano inclinado. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,5. Calcule la aceleración de descenso del bloque sobre el plano. Adopte $g = 10\text{m/s}^2$.



241 Un bloque de 40kg está apoyado sobre un plano inclinado de 30° y sube, bajo la acción de la fuerza $\vec{F}$, paralela al plano inclinado, con aceleración de 2m/s^2.



El coeficiente de rozamiento cinético entre el bloque y el plano es 0,4. Adopte $g = 10\text{m/s}^2$, sen 30° = 0,5 y cos 30° = 0,87, y calcule la intensidad de $\vec{F}$.

Subido por Leazeel

15 Influencia de la resistencia del aire

El medio en el cual el cuerpo está inmerso (aire o líquido) ofrece también una resistencia al desplazamiento.

Un cuerpo abandonado de lo alto de un edificio adquiere movimiento acelerado por la acción de la fuerza peso. Otra fuerza que actúa en el cuerpo es la fuerza de resistencia del aire, que tiene la misma dirección y sentido contrario que la fuerza peso.

Esa fuerza de resistencia del aire es variable y depende de la velocidad del cuerpo, de su forma y de la mayor sección transversal en relación a la dirección del movimiento.

Algunos ejemplos:

- Para una gota de lluvia cuya velocidad es de 2m/s, la fuerza de resistencia del aire es proporcional a esa velocidad.
- Para cuerpos pequeños, cuya velocidad varía entre 24m/s y 330m/s, la fuerza de resistencia del aire es proporcional al cuadrado de la velocidad.
- Un paracaídas tiene la forma semiesférica cóncava (área muy grande) para aumentar la fuerza de resistencia del aire.
- Automóviles, aviones y peces tienen forma aerodinámica (cortan el aire y el agua) y área de sección transversal muy pequeña para disminuir la fuerza de resistencia del aire o del agua.

Sônia Oddi

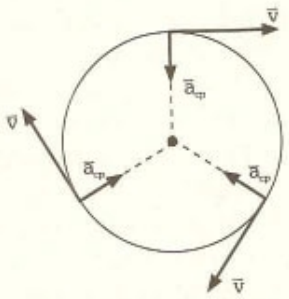
Capítulo **2**

Fuerzas en el movimiento circular

1 Aceleración centrípeta

Como se ha visto en el estudio del movimiento circular uniforme, el módulo de la velocidad $\vec{v}$ permanece constante mientras que su dirección varía en cada instante debido a la aceleración centrípeta $\vec{a}_{cp}$, dirigida hacia el centro de la curva, cuyo módulo es:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$



Donde v es la velocidad escalar o el módulo de $\vec{v}$ y R es el radio de la trayectoria circular.

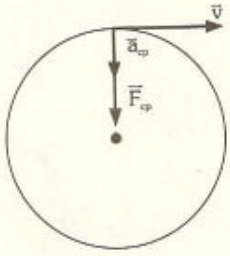
2 Fuerza centrípeta

Por el principio fundamental de la Dinámica, la aceleración que un cuerpo presenta es producida por una fuerza que tendrá la misma dirección y el mismo sentido de la aceleración que causó.

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

En el movimiento circular uniforme, a la *fuerza resultante* que produce la aceleración centrípeta se denomina *fuerza centrípeta* $\vec{F}_{cp}$, responsable de que el cuerpo mantenga una trayectoria circular.

Nelson Toledo/FTD



$$\vec{F}_{cp} = m \cdot \vec{a}_{cp}$$

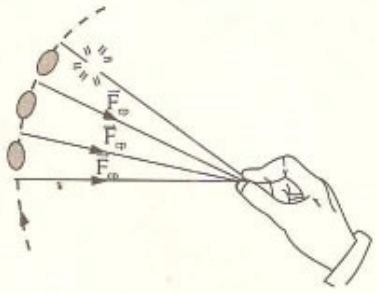
En módulo:

$$F_{cp} = m \frac{v^2}{R}$$

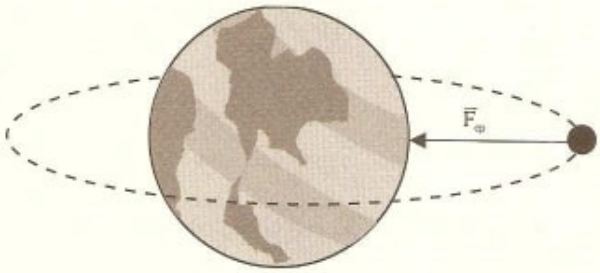
Subido por Leazeel

A continuación se presentan algunos ejemplos que evidencian las aplicaciones de la fuerza centrípeta.

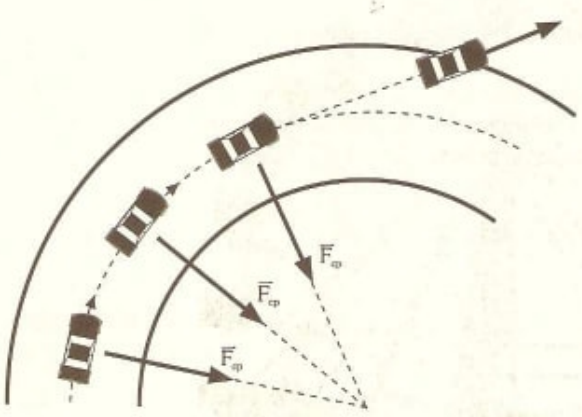
La piedra se mantiene en trayectoria circular mientras la cuerda está estirada. Al soltarse la cuerda, se anula la fuerza centrípeta y la piedra tiende a seguir en línea recta tangente a la trayectoria circular.



La Luna se mantiene en órbita por la fuerza centrípeta debido a la atracción gravitacional de la Tierra sobre ella.

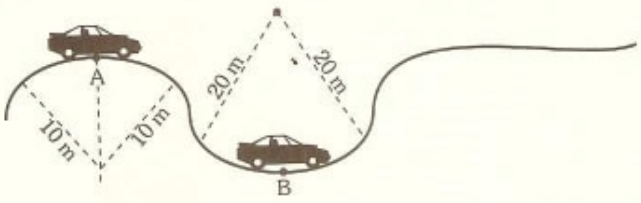


Se debe al rozamiento entre los neumáticos y la carretera la fuerza centrípeta necesaria para conservar el automóvil en una trayectoria circular. Eliminándose ese rozamiento, el automóvil, por inercia, "sale por la tangente", no consiguiendo completar la curva.



Problemas de Aplicación

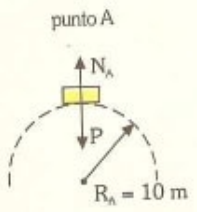
1 Un vehículo de 1 000kg de masa recorre el trecho de una carretera conforme indica la figura, con una velocidad constante de 18km/h. Siendo $g = 10m/s^2$, determine la intensidad de la fuerza normal que la carretera ejerce sobre el vehículo en los puntos A y B.

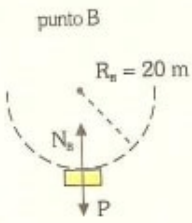


Solución:

Siendo: $\begin{cases} m = 1\,000kg \\ v = 18km/h = 5m/s \\ g = 10m/s^2 \end{cases}$

Aislando el vehículo, se tiene:





Sobre el vehículo actúan las fuerzas $\vec{P}$ y $\vec{N}$ que tienen como resultante la fuerza centrípeta dirigida hacia el centro. Luego:

$$P - N_A = F_{cp}$$

$$mg - N_A = \frac{mv_A^2}{R_A}$$

$$10\,000 - N_A = \frac{1\,000 \cdot 5^2}{10}$$

$$N_A = 7\,500N$$

$$N_B - P = F_{cp}$$

$$N_B - mg = \frac{mv_B^2}{R_B}$$

$$N_B - 10\,000 = \frac{1\,000 \cdot 5^2}{20}$$

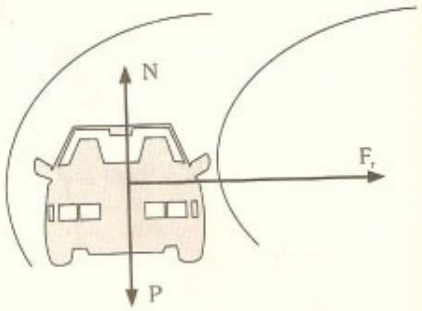
$$N_B = 11\,250N$$

Respuesta: En el punto A: 7 500N; en el punto B: 11 250N.

2 Un automóvil debe realizar una curva de 100m de radio en una pista plana y horizontal, con una velocidad de 72km/h. Determine el coeficiente de rozamiento entre los neumáticos y la carretera para que el automóvil no patine en la pista. Adopte $g = 10m/s^2$.

Solución:

Tres fuerzas actúan sobre el automóvil: P, N y F_r.



Subido por Leazeel

Como la pista es plana y horizontal, los efectos de P y N se anulan, pues N = P.

Para recorrer la curva, la F_r debe actuar como fuerza centrípeta y, en la inminencia de que el automóvil patine, se tiene:

Siendo: $\begin{cases} v = 72km/h = 20m/s \\ R = 100m \\ g = 10m/s^2 \end{cases}$

$$F_r = F_{cp} \Rightarrow \mu \cdot N = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \mu mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$\mu = \frac{v^2}{Rg}$$

$$\mu = \frac{20^2}{100 \cdot 10}$$

$$\mu = 0,4$$

Se observa que el coeficiente de rozamiento es independiente de la masa del automóvil.

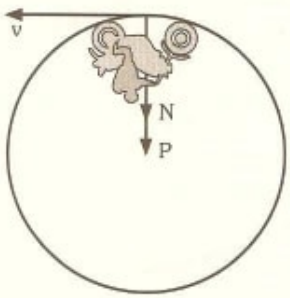
Respuesta: 0,4

3 Un motociclista efectúa un movimiento circular en un plano vertical dentro de un globo de la muerte de 4,9m de radio. Determine el menor valor de la velocidad en el punto más alto para que la moto no pueda perder el contacto con el globo. Adopte $g = 10m/s^2$.

Solución:

Siendo: $\begin{cases} R = 4,9m \\ g = 10m/s^2 \end{cases}$

Además de la fuerza peso P, actúa la fuerza de reacción normal N que el globo ejerce sobre la moto.



La resultante de esas fuerzas es la fuerza centrípeta. Luego:

$$F_{cp} = P + N \Rightarrow m\frac{v^2}{R} = P + N$$

Como m, R y P permanecen constantes, el menor valor de v se alcanza cuando N = 0. Luego:

$$m \cdot \frac{v_{min}^2}{R} = P + 0 \Rightarrow \cancel{m} \cdot \frac{v_{min}^2}{R} = \cancel{m} \cdot g \Rightarrow v_{min} = \sqrt{Rg}$$

$$v_{min} = \sqrt{4,9 \cdot 10}$$

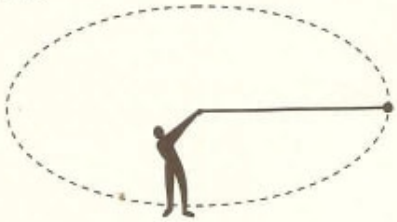
$$v_{min} = 7\ m/s$$

Observe que, cuando N = 0, el cuerpo aún no cae, pues posee la velocidad v_{min} que lo mantiene en la trayectoria.

Respuesta: 7m/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

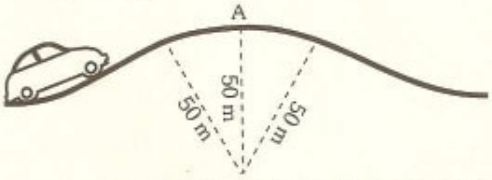
242 Se hace girar un cuerpo de 200g de masa mediante un hilo de 80cm de longitud, en un plano horizontal.



¿Cuál es la fuerza que la persona debe ejercer para que el cuerpo realice 1,6 vuelta por segundo? Considere $\pi^2 = 10$.

243 Un cuerpo de 400g de masa gira libremente sin rozamiento sobre un plano horizontal, describiendo una circunferencia de 10cm de radio, con una velocidad escalar constante e igual a 15m/s, sujeto a un hilo, como indica la figura. Determine la intensidad de la fuerza resultante sobre el cuerpo.

244 Un vehículo de 1 200kg de masa recorre un trecho de una carretera con una elevación cuyo corte se ilustra en la figura, con una velocidad constante de 54km/h.

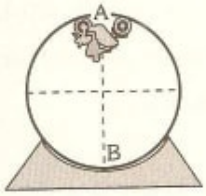


Considere $g = 10m/s^2$. Calcule la intensidad de la reacción normal de la carretera sobre el automóvil en el punto A.

245 Una esfera de 2kg de masa oscila en un plano vertical sujeta por un hilo liviano e inextensible de 1m de longitud.

Al pasar por la parte más baja de la trayectoria, su velocidad es de 2m/s. Siendo $g = 10m/s^2$, ¿cuál es la intensidad de la tracción en el hilo cuando la esfera pasa por la posición inferior?

246 Un motociclista describe una circunferencia vertical en un globo de la muerte de 4m de radio. ¿Cuál es la fuerza que se ejerce sobre el globo en el punto más alto de la trayectoria, si la velocidad de la moto ahí es de 12m/s? La masa total (motociclista + moto) es de 150kg. Considere $g = 10m/s^2$.

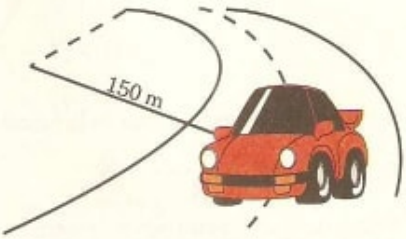


247 Un automóvil de 1 200kg de masa efectúa una curva cuyo radio es de 20m, con una velocidad igual a 10m/s. Determine:

a) la intensidad de la fuerza centrípeta para mantenerla en la curva;

b) el coeficiente de rozamiento entre los neumáticos y la pista.

248 Un automóvil de 800kg de masa describe una curva de radio igual a 150m. El coeficiente de rozamiento por fricción lateral entre los neumáticos y la pista es de $\mu = 0,6$. Determine la máxima velocidad que el vehículo puede tener para no patinar en la curva.



249 Un objeto A de 8kg de masa sujeto en el extremo de una cuerda de 1m de longitud y masa despreciable, describe un movimiento circular uniforme sobre una mesa horizontal. La tracción en la cuerda es de 200N. Con relación al objeto, calcule:

a) el valor de la aceleración;

b) el valor de la velocidad al cortarse la cuerda.

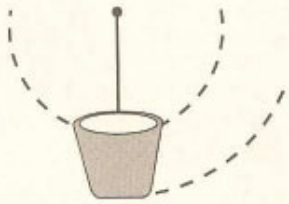
Subido por Leazeel

250 Un avión describe un looping en un plano vertical, con una velocidad de 720km/h. Determine el radio del looping para que, en el punto más bajo de la trayectoria, la intensidad de la fuerza que el piloto ejerce sobre el asiento sea el triple de su peso.

251 Un balde lleno de agua describe un movimiento circular de 80cm de radio en un plano vertical. Considerando $g = 10 m/s^2$, determine:

a) la velocidad mínima a partir de la cual el agua no cae del balde en el punto más alto de la trayectoria;

b) la intensidad de la fuerza ejercida por el fondo del balde sobre el agua en el instante en que el balde pasa por el punto más alto de la trayectoria con la velocidad mínima para que el agua no se derrame.



Capítulo **3**

Gravitación universal

1 Introducción

Desde que comenzó a brillar en el cerebro del hombre la luz de la racionalidad, el brillo y el movimiento de los astros desafiaron su curiosidad. En todas las etapas de la civilización el hombre trató de dar una explicación a los fascinantes problemas de la gravitación universal. Los sabios griegos, por ejemplo, dedujeron que la Tierra ocupaba el centro del universo. En torno a ella giraban los otros cuerpos celestes, en perfectos círculos concéntricos. El hombre era, así, el centro y la medida de todas las cosas.

Pensando de modo diferente, el astrónomo griego Aristarco de Samos (310-230 a.C.) fue el primero en afirmar que todos los planetas, incluso la Tierra, giraban en torno al Sol. Así surgió el sistema llamado *heliocéntrico*, que privilegiaba al Sol, contradiciendo al primer sistema, el *geocéntrico*, que destacaba la Tierra.

Aristarco, en tanto, no tuvo crédito, porque la sabiduría griega admiraba más a la idea de que el hombre ocupaba el lugar central en el universo, favorecida por el geocentrismo sistematizado por el astrónomo griego Hiparco (siglo II a.C.).

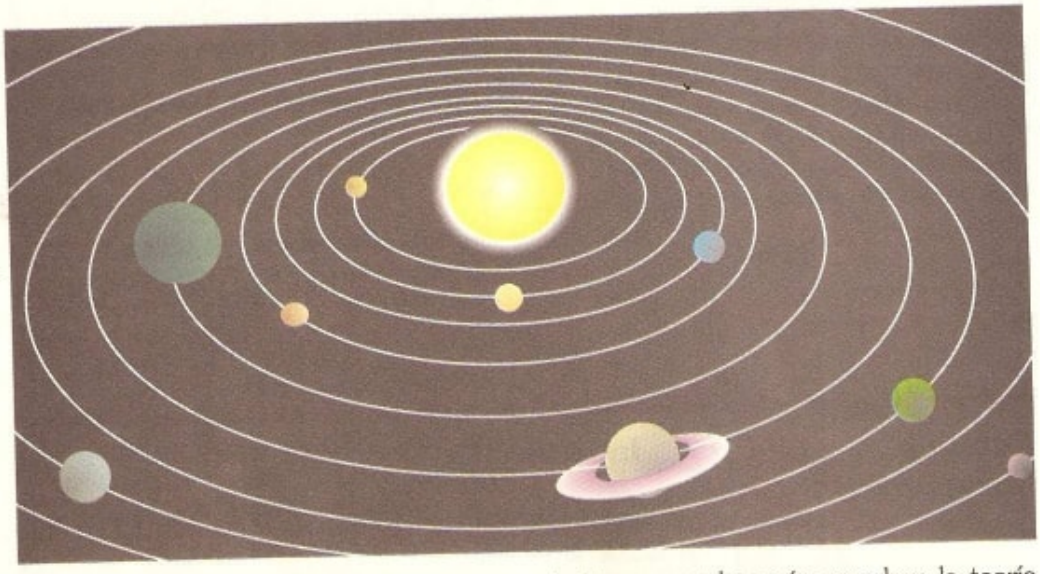
En el siglo II d.C., el sistema geocéntrico fue desarrollado y consagrado por Claudio Ptolomeu, gran astrónomo de la escuela de Alejandría, en Egipto. Para él la Tierra era fija y ocupaba el centro de las órbitas circulares de los planetas.

Recién en el siglo XVI fue cuando la teoría heliocéntrica se afirmó nuevamente: el estudioso canónigo polonés Nicolau Copérnico (1473-1543), en desacuerdo con el sistema ptolomaico hasta entonces aceptado y defendido, renovó la teoría de Aristarco, afirmando que el Sol era realmente el centro de las órbitas planetarias.

Surgen muchos debates y discusiones en torno a esta reafirmación, siendo que los científicos de la época y la propia Iglesia Católica sólo aceptaban el geocentrismo. Pero otro astrónomo, el dinamarqués Tycho Brahe (1546-1601), elaboró una teoría

Subido por Ipazel

intermedia. Observando los fenómenos celestes, él concluyó que los planetas giraban en torno al Sol y la Luna giraba en torno a la Tierra. Sus observaciones llevaron a su colega alemán Johannes Kepler (1571-1630) a formular, definitivamente, algunas leyes que convencieron a los investigadores sobre la realidad del heliocéntrico, inclusive sobre el hecho de que las órbitas son elípticas y no circulares.



Después de tantas observaciones y conclusiones, muchos aún negaban la teoría copernicana. Fue así que el físico y matemático italiano Galileo Galilei (1564-1642), uno de los mayores innovadores de la investigación y de las ciencias, fue acusado de hereje, procesado por la Iglesia Católica y juzgado en tribunal por afirmar que la Tierra no era fija y era parte del sistema solar.

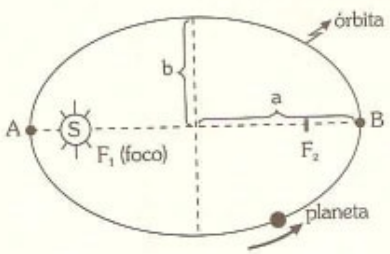
Todas esas conclusiones fueron coronadas con la colaboración de Isaac Newton (1643-1727), físico y matemático inglés, autor de la ley de la gravitación universal, que explica la mecánica celeste.

2 Leyes de Kepler

Las tres leyes de Kepler que tratan de los movimientos de los planetas son:

1ª ley

Los planetas describen órbitas elípticas en torno al Sol, ocupando éste uno de sus focos.



Subido por Leazeel

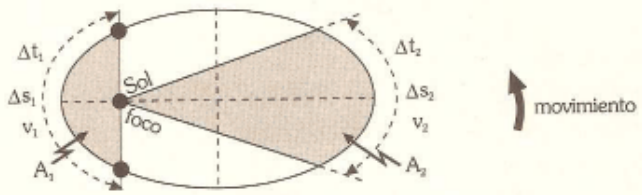
Donde:

- a = semieje mayor (radio medio de la órbita descrita);
- b = semieje menor.

Al punto A de la órbita del planeta más próximo al Sol se denomina *perihelio* y al punto B más distante, *afelio*.

2ª ley

Las áreas barridas por el segmento imaginario que une el centro del Sol al centro del planeta son proporcionales a los tiempos empleados en barrerlas.



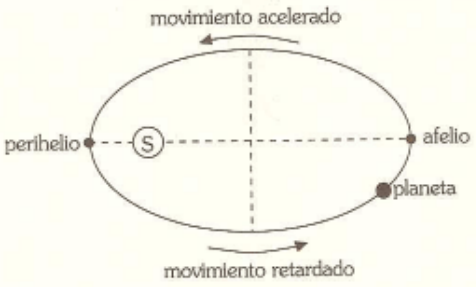
$$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2} = cte$$

Observaciones:

1ª) Si $A_1 = A_2 \Rightarrow \Delta t_1 = \Delta t_2$.
Como $\Delta s_1 > \Delta s_2 \Rightarrow v_1 > v_2$.
Esto quiere decir que los planetas se mueven alrededor del Sol con velocidad variada.

2ª) La velocidad de los planetas es mayor cuando ellos están más próximos al Sol, y menor cuando están más lejos.

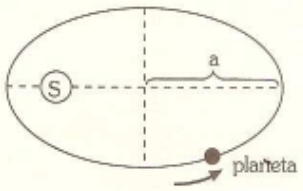
3ª) El movimiento de traslación es variado, esto es:



Subido por Leazeel

3ª ley

El cuadrado del periodo de revolución de los planetas es proporcional al cubo de sus distancias medias del Sol.



$$\frac{T^2}{a^3} = k \quad \text{o} \quad T^2 = k \cdot a^3$$

Observaciones:

1ª) A través de esa ley se puede concluir que el periodo de translación de un planeta aumenta con el aumento del semieje mayor de su trayectoria alrededor del Sol, esto es, aumenta su año.

Ejemplos: Mercurio ⇒ año de 88 días terrestres

Plutón ⇒ año de 248 años terrestres

2ª) Las tres leyes de Kepler son válidas para cualquier cuerpo girando alrededor de una gran masa central, esto es, los satélites naturales y los artificiales.

3ª) La constante k sólo depende de la masa del Sol y no del planeta que gira alrededor de él.

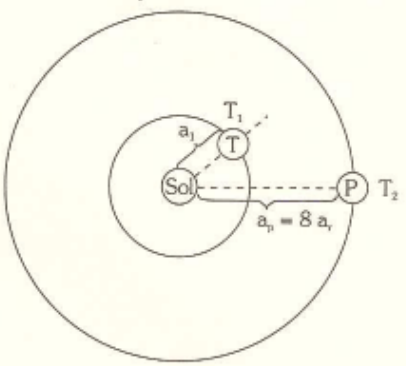
Problema de Aplicación

¿De cuántos años sería, aproximadamente, el periodo de un planeta que gira alrededor del Sol, si su distancia al centro de gravitación fuese 8 veces la distancia Tierra–Sol?

Solución:

Se puede suponer que la órbita elíptica del planeta tenga una forma muy próxima a una circunferencia.

Datos: $\begin{cases} T_1 = 1 \text{ año} \\ a_p = 8\, a_T \end{cases}$



$$\left.\begin{aligned} T_1^2 &= k \cdot a_T^3 \\ T_2^2 &= k \cdot a_p^3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{k a_T^3}{k\,(8a_T)^3} \Rightarrow \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \frac{a_T^3}{512 a_T^3}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{1}{512}}$$

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{16\sqrt{2}}$$

$$T_2 = 22{,}6 \text{ años}$$

Respuesta: = 22,6 años

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

252 La Tierra describe una elipse alrededor del Sol, cuya área es $A = 6{,}98 \cdot 10^{22}\ m^2$.

a) ¿Cuál es el área barrida por el radio que une la Tierra al Sol desde 0h del 1º de abril hasta las 24h del dia 30 de mayo del mismo año?

b) ¿Cuál fue el principio o ley que usted empleó para efectuar el cálculo en a?

253 El radio de la órbita de la Tierra es $1{,}49 \cdot 10^{11}$m y el radio de la órbita de Urano es $2{,}87 \cdot 10^{12}$m. Determine el periodo de Urano. Siendo el periodo de la Tierra = 1 año terrestre.

254 Un satélite artificial, A, en órbita circular, dista x del centro de la Tierra y su periodo es T. Otro satélite, B, también en órbita circular, tiene un periodo igual a 4T. Calcule el radio de la órbita de B.

3 Ley de la gravitación universal

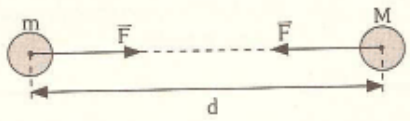
Newton explicó las leyes de los movimientos de los planetas por una hipótesis aplicable a la universalidad de los casos desde la atracción de los planetas hasta las atracciones moleculares de los cuerpos.

Estudiando el movimiento de la Luna, él concluyó que la fuerza que la mantiene en órbita es del mismo tipo que la fuerza que la Tierra ejerce sobre un cuerpo ubicado en sus proximidades.

A esas fuerzas las denominó *gravitacionales* y luego enunció la *ley de la gravitación universal*:

> Dos cuerpos se atraen con fuerzas proporcionales a sus masas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre sus centros.

Esas fuerzas tienen la misma intensidad, la dirección que pasa por el centro de los dos cuerpos y sentidos contrarios.



$$F = G\,\frac{Mm}{d^2}$$

Donde:

- M y m son las masas;
- G es la constante de gravitación universal;
- d es la distancia entre los centros de los dos cuerpos;
- F es la intensidad de la fuerza gravitacional.

La constante G no depende de los cuerpos ni del medio en que se encuentran ni de la distancia entre ellos. Depende solamente del sistema de unidades utilizado.

El valor en el SI es:

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\frac{Nm^2}{kg^2}$$

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Dos puntos materiales de masas $m_A = 2kg$ y $m_B = 8kg$ se hallan a una distancia de 4m uno de otro. Determine la intensidad de la fuerza gravitacional entre ellos, sabiendo que $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$.

Solución:

$$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2} \Rightarrow F = 6,7 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{2 \cdot 8}{4^2} \Rightarrow F = 6,7 \cdot 10^{-11}N$$

Respuesta: $6,7 \cdot 10^{-11}N$

PROBLEMAS PROPUESTOS

255 Calcule la intensidad de la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce sobre la Luna, sabiendo que: masa de la Tierra = $6 \cdot 10^{24}kg$; masa de la Luna = $\frac{3}{4} \cdot 10^{23}kg$; distancia del centro de la Tierra al centro de la Luna = $3,84 \cdot 10^8m$ y $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$.

256 Dos cuerpos idénticos, de igual masa, se encuentran a 20m de distancia uno del otro, se atraen gravitacionalmente con una fuerza de $1,675 \cdot 10^{-3}N$ de intensidad. Determine el valor de las masas de esos cuerpos. Considere $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$.

257 Calcule la intensidad de la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce en un punto material de 10kg de masa, situado a $1,6 \cdot 10^6m$ de la superficie de la Tierra.

Siendo: $m_T = 6 \cdot 10^{24}kg$, $R_T = 6,4 \cdot 10^6m$ y $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$.

258 Un cuerpo de masa m es atraído, cuando se halla en la superficie de la Tierra, por una fuerza gravitacional de intensidad F. Determine la intensidad de la fuerza gravitacional que actúa sobre ese cuerpo cuando se lo lleva a la superficie de un planeta de forma esférica cuya masa es ocho veces mayor que la Tierra y cuyo radio es cuatro veces mayor que el terrestre.

259 La masa de la Luna es $\frac{1}{81}$ de la masa de la Tierra. Siendo d la distancia entre la Tierra y la Luna, ¿a qué distancia de la Tierra se debe ubicar un cuerpo entre los dos astros de modo que la resultante de esas fuerzas gravitacionales que actúan sobre el cuerpo se anule?

4 Aceleración de la gravedad

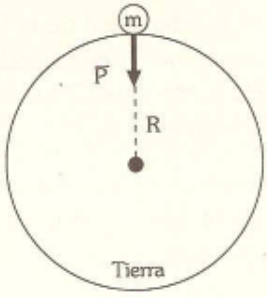
Alrededor de la Tierra hay una región denominada *campo gravitacional*, donde los cuerpos allí colocados sufren su influencia, que se presenta en forma de una fuerza.

Dentro de ese campo los cuerpos son atraídos hacia la Tierra, sufriendo variaciones de velocidad, en virtud de la aceleración. Esa aceleración es denominada *aceleración de la gravedad* y es representada con la letra "g".

Se tienen dos casos, que son:

1º caso: Aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra.

Todo punto material de masa m ubicado en la superficie de la Tierra es atraído hacia su centro.



Subido por Leazeel

Esa fuerza atractiva es el peso del cuerpo, que está dada por la expresión:

$$P = m \cdot g \quad ①$$

Pero, debido a la ley de Newton, la intensidad de la fuerza de atracción gravitacional entre la Tierra y el cuerpo está dada por:

$$F = G\,\frac{m \cdot M}{R^2} \quad ②$$

Donde:

- M = masa de la Tierra;
- R = radio de la Tierra.

No teniendo en cuenta la rotación de la Tierra, la fuerza peso es la fuerza propia de atracción gravitacional. Luego:

$$P = F \Rightarrow mg = G \cdot \frac{mM}{R^2}$$

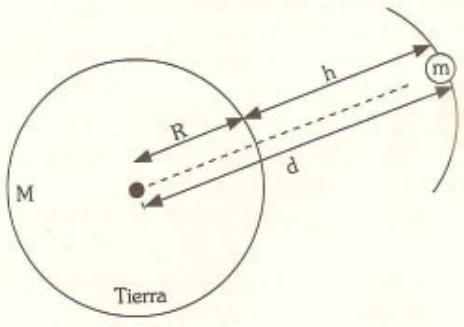
$$g_{superficie} = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

Esta fórmula es la expresión que permite calcular la aceleración de la gravedad en la superficie de cualquier planeta.

Se nota que la aceleración de la gravedad en la superficie es independiente de la masa m del punto material que fue atraído.

2º caso: Aceleración de la gravedad para puntos externos a la Tierra.

Si el punto material está a una altura h de la superficie de la Tierra, se tiene:



$$g = G \cdot \frac{M}{d^2} \Rightarrow \quad g_{externo} = G \cdot \frac{M}{(R + h)^2}$$

Observación:

Los cuerpos flotan dentro de una nave espacial porque la fuerza gravitacional (fuerza peso) que actúa sobre el cuerpo hace el papel de la fuerza centrípeta que actúa sobre él para mantenerlo en una trayectoria circular. A la sensación de la ausencia del peso de los cuerpos se llama *ingravidez*.

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

¿Cuál es, aproximadamente, el valor del módulo de la aceleración de la gravedad en un punto alrededor de la Tierra, a una altitud igual a 5 veces el radio terrestre? La aceleración de la gravedad al nivel del mar en la superficie terrestre es igual a $9,8 m/s^2$.

Solución:

En la superficie de la Tierra, se tiene:

$$g_{sup} = G\frac{M}{R^2} \Rightarrow 9,8 = \frac{G \cdot M}{R^2} \quad ①$$

En un punto externo, se tiene:

$$g_{ext} = \frac{GM}{(R+h)^2} \Rightarrow g_{ext} = \frac{GM}{(R+5R)^2} = \frac{GM}{36R^2} \quad ②$$

Dividiendo la expresión ② y la expresión ①:

$$\frac{g_{ext}}{9,8} = \frac{\frac{GM}{36R^2}}{\frac{GM}{R^2}} \Rightarrow \frac{g_{ext}}{9,8} = \frac{1}{36} \therefore g_{ext} \simeq 0,27 m/s^2$$

Respuesta: $0,27 m/s^2$

PROBLEMAS PROPUESTOS

260 Determine la aceleración de la gravedad a una altura de 1 000km de la superficie de la Tierra. Siendo $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$, $R_T = 6\,400km$ y $M_T = 6 \cdot 10^{24} kg$.

261 Considerando que la constante de la gravitación universal tiene un valor de $6,67 \cdot 10^{-11}$, la aceleración de la gravedad al nivel del mar $g = 9,8 m/s^2$ y el radio de la Tierra = 6 400km, calcule aproximadamente la masa de la Tierra.

262 Siendo g la aceleración de la gravedad en la superficie terrestre, ¿a qué altura de la superficie la aceleración de la gravedad tiene una intensidad de $\frac{1}{2}g$? Considere el radio de la Tierra igual a R.

263 Un planeta X tiene un diámetro igual a la mitad del diámetro de la Tierra y masa igual a un octavo de la masa de la Tierra. Determine el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de ese planeta, sabiendo que la aceleración de la gravedad en la superficie tiene un valor de $9,8 m/s^2$.

264 La constante de la gravitación universal tiene un valor de $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$. Suponiendo que la Tierra sea una esfera homogénea de 6 370km de radio y $5,98 \cdot 10^{24} kg$ de masa, calcule:

a) la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra;

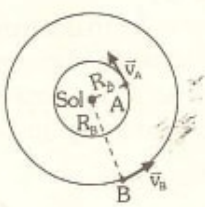
b) el peso de una nave de 120 toneladas que está a 250km de altitud.

265 El peso de un cuerpo en la superficie de la Tierra es 40N. Ese mismo cuerpo pesa 8N en el interior de una nave espacial que se mueve bajo la acción de la gravedad alrededor de la Tierra. Calcule la distancia de la nave al centro de la Tierra en el momento del pesaje del cuerpo. Considere que el radio de la Tierra es igual a R.

266 Considere que el radio de la Tierra es R = 6 400km. Determine a qué altitud de la superficie de la Tierra un astronauta tendrá su peso reducido a $\frac{4}{9}$ del peso que tiene en la superficie de la Tierra.

267 Se pretende lanzar un satélite artificial que va a describir una órbita circular a 1 200km de altura. Siendo $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$, $M_T = 6 \cdot 10^{24} kg$ y $R_T = 6\,400km$, calcule la velocidad tangencial del satélite en aquella altura y su periodo.

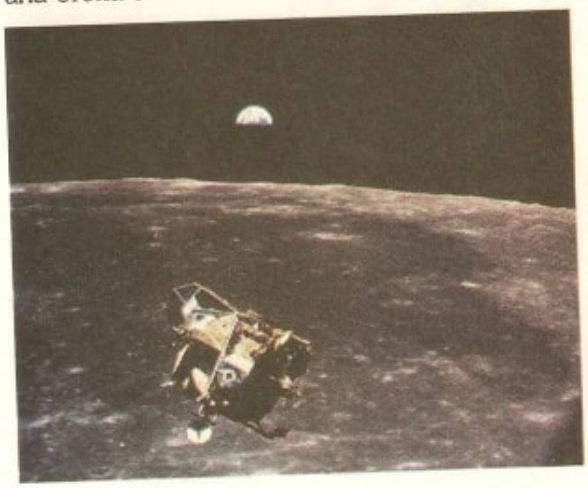
268 Determine la relación entre los módulos de las velocidades $\vec{v}_A$ y $\vec{v}_B$ de los planetas A y B que se indican en la figura.

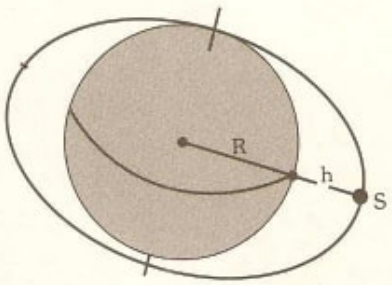


Subido por Leazeel

5 Satélite estacionario

Particularmente interesantes para la telecomunicación son los satélites que describen una órbita circular sobre el plano ecuatorial en 86 400s, es decir, 24h.





Cuando el satélite tiene órbita circular contenida en el plano ecuatorial y el periodo de rotación del satélite es igual al periodo de la Tierra, el satélite permanece en reposo en relación a un sistema de referencia fijo en la superficie de la Tierra y es llamado *satélite estacionario*.

Ellos deben estar a una altura aproximada de h = 35 840km de la superficie de la Tierra.

Capítulo **4**

Energía

1 Introducción

El concepto de energía puede ser considerado intuitivo. No es algo que se puede tocar con las manos, pero se pueden sentir sus manifestaciones. Ejemplos: se siente calor cuando la madera se quema; el agua de una cascada mueve las turbinas de una usina hidroeléctrica; se ve la luz emitida por la llama de una vela, etc.

Para evaluar cuantitativamente la energía, se debe medir la transferencia de energía de un cuerpo a otro, esto es, la transformación de una forma de energía en otra.

Para medir la cantidad de energía transferida de un cuerpo a otro se introducirá el concepto de *trabajo*.

2 Trabajo de una fuerza

El significado de la palabra *trabajo*, en Física, es diferente de su significado habitual, empleado en el lenguaje común. Por ejemplo: un hombre que levanta un cuerpo hasta una determinada altura realiza un trabajo. En Física, el trabajo que una persona realiza

Subido por Leazeel

al sostener un objeto a una cierta altura sin moverse es nulo, pues no hay desplazamiento.

Manoel Novaes/FTD

Nelson Toledo/FTD

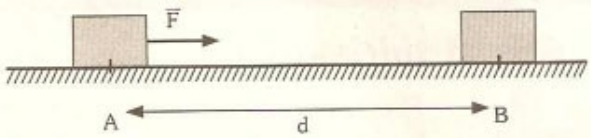
El trabajo, en Física, está siempre relacionado a una *fuerza* y a un *desplazamiento*.

Una fuerza aplicada a un cuerpo realiza trabajo cuando produce un desplazamiento del cuerpo.

Se tienen dos casos, que se pasan a analizar.

1º caso: La fuerza tiene la misma dirección del desplazamiento.

Considerando un punto material que, por la acción de la fuerza $\vec{F}$, horizontal y constante, se mueve de la posición A a la posición B, sufriendo un desplazamiento d.



El trabajo de $\vec{F}$ en el desplazamiento AB está dado por:

$$\tau_{A,B} = F \cdot d$$

La unidad de trabajo en unidades del Sistema Internacional es el Nm, llamada *joule* e indicada por J.

Si la fuerza $\vec{F}$ tiene el mismo sentido que el desplazamiento, el trabajo se dice *motor*. Si tiene sentido contrario, al trabajo se denomina *resistente*.

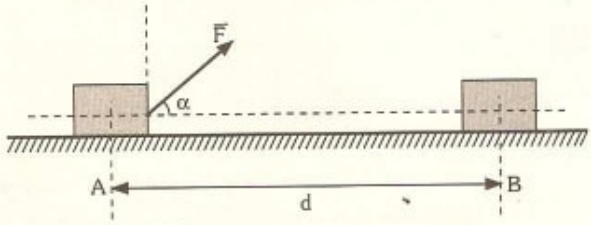
Por convención:

$$\tau_{motor} > 0 \text{ y } \tau_{resistente} < 0$$

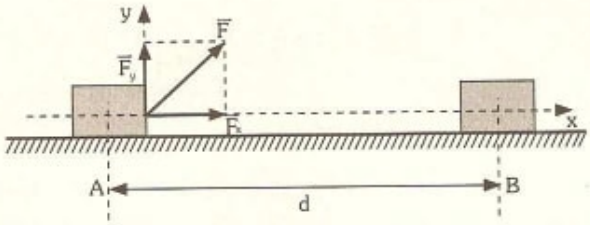
Subido por Leazeel

2º caso: La fuerza no tiene la misma dirección del desplazamiento.

Considerando un punto material que, bajo la acción de la fuerza $\vec{F}$, pasa de la posición A a la posición B sufriendo un desplazamiento d.



Descomponiendo la fuerza $\vec{F}$, se tiene:



El trabajo de la componente $\vec{F}_y$ en el desplazamiento d es nulo, pues no hay desplazamiento en la dirección y. Luego, solamente $\vec{F}_x$ realiza trabajo, dado por:

$\tau_{A,B} = \tau_F = \tau_{F_x} = F_x \cdot d$

Pero $F_x = F \cos \alpha$; por tanto:

$$\tau_{A,B} = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

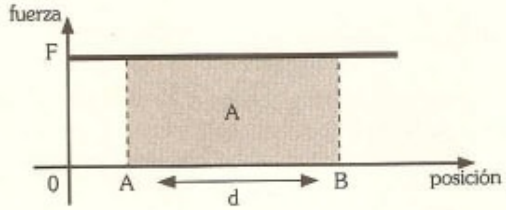
OJO

Observación:

Si la fuerza $\vec{F}$ es perpendicular a la dirección del desplazamiento, el trabajo de $\vec{F}$ es nulo, pues cos 90° = 0.

Propiedad

Se puede calcular el trabajo de una fuerza $\vec{F}$, constante, utilizando el gráfico:



$A = F \cdot d \Rightarrow$ $A = \tau_{A,B}$

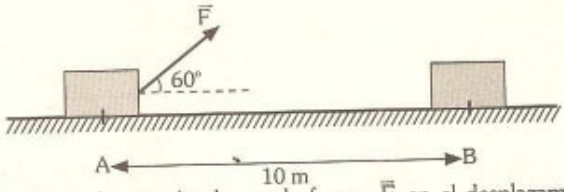
El área A es numéricamente igual al módulo del trabajo de la fuerza $\vec{F}$ en el desplazamiento de A hacia B.

Esta propiedad es válida cuando la fuerza $\vec{F}$ es variable y también para cualquier trayectoria.

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Un punto material se desplaza 10m por la acción de una fuerza de 50N de intensidad, como se indica en la figura.



Determine el trabajo realizado por la fuerza $\vec{F}$ en el desplazamiento AB.

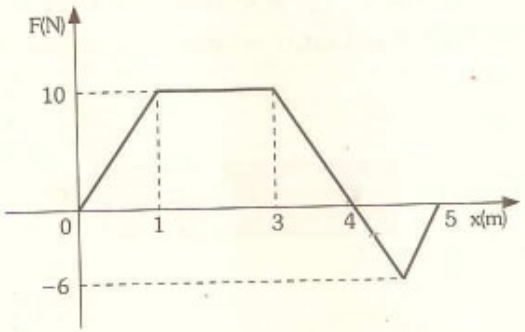
Solución:

$$\tau_{A,B} = F \cdot d \cdot \cos\alpha \Rightarrow \tau_{A,B} = 50 \cdot 10 \cdot \cos 60°$$

$$\tau_{A,B} = 50 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \tau_{A,B} = 250\ J$$

Respuesta: 250J

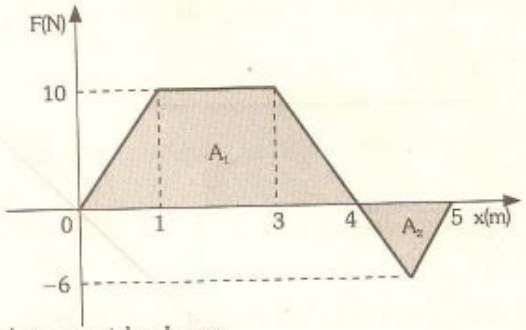
2 Un bloque de 10kg se mueve en línea recta sobre una mesa lisa, en posición horizontal, bajo la acción de una fuerza variable que actúa en la misma dirección del movimiento, conforme muestra el gráfico.



Calcule el trabajo realizado por la fuerza cuando el bloque se desplaza del origen hasta el punto x = 5m.

Solución:

Observe que en el desplazamiento de 0m a 4m la fuerza es positiva (tiene el mismo sentido al desplazamiento, $\tau > 0$), y de 4m a 5m la fuerza es negativa (tiene el sentido contrario al desplazamiento, $\tau < 0$).



$$A_1 = \tau_1 \Rightarrow \tau_1 = \frac{(4+2)\cdot 10}{2} = 30J$$

$$A_2 = \tau_2 \Rightarrow \tau_2 = -\frac{1\cdot 6}{2} = -3J$$

El trabajo total es igual a la suma de los trabajos parciales. Luego:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = 30 - 3 = 27J$$

Respuesta: 27J

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

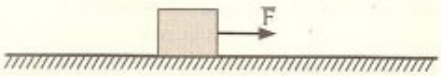
269 Una caja se desliza en un plano sin rozamiento bajo la acción de una fuerza $\vec{F}$ de 60N de intensidad. Determine el trabajo de esa fuerza en un desplazamiento de 12m, en el mismo sentido de esa fuerza.

270 Sobre un cuerpo de 8kg de masa, inicialmente en reposo, actúa una fuerza constante F = 80N, en la dirección del desplazamiento. Determine el trabajo realizado por la fuerza en los primeros 20s de movimiento.

271 Un punto material de 6kg de masa tiene una velocidad de 8m/s cuando sobre él actúa una fuerza de 30N de intensidad en la dirección del movimiento, durante 4s. Determine:
a) el desplazamiento durante esos 4s;
b) el trabajo realizado a lo largo de ese desplazamiento.

272 Un móvil de 40kg de masa tiene una velocidad constante de 90km/h. En un determinado instante entra en una región rugosa donde el coeficiente de rozamiento es igual a 0,2. Determine:
a) el espacio recorrido por el móvil en la región rugosa, hasta detenerse;
b) el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento.

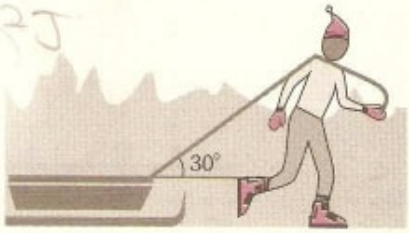
273 El cuerpo de la figura de 10kg de masa se arrastra a lo largo del plano horizontal rugoso ($\mu = 0,2$) por la fuerza $\vec{F}$, horizontal, de 60N de intensidad, durante 20s.



Sabiendo que el cuerpo estaba inicialmente en reposo y que $g = 10m/s^2$, calcule, en esos 20s:
a) el trabajo de la fuerza $\vec{F}$ y el trabajo de la fuerza de rozamiento;
b) el trabajo realizado por la fuerza peso y por la reacción normal de apoyo.

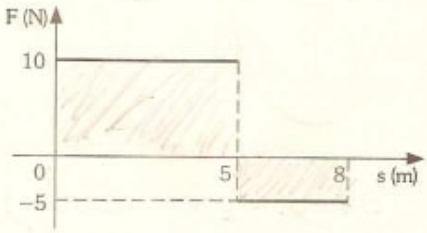
274 Determine el trabajo realizado por una fuerza de 200N en un desplazamiento de 8m en los siguientes casos:
a) la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de 30°;
b) la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de 90°;
c) la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de 120°.

275 Un joven estira un trineo de 40N de peso a lo largo de una superficie horizontal de 25m, con una velocidad constante.

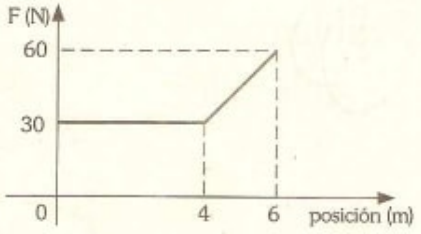


Calcule el trabajo que el joven realiza sobre el trineo, sabiendo que el coeficiente de rozamiento cinético es igual a 0,1. Siendo sen 30° = 0,5; cos 30° = 0,8 y $g = 10m/s^2$.

276 El gráfico representa la intensidad de la fuerza aplicada a un punto material, en función de la posición sobre la trayectoria. Calcule el trabajo realizado por la fuerza en los desplazamientos:
a) de 0 a 5m; b) de 5m a 8m; c) de 0 a 8m.



277 Una fuerza que actúa sobre un punto material varía su posición de acuerdo con el gráfico. Calcule el trabajo realizado por la fuerza media en el desplazamiento de 0 a 6m.

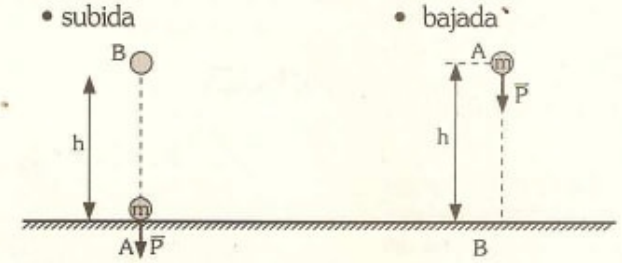


Subido por Leazeel

3 Trabajo de la fuerza peso

Se considera un cuerpo de masa m lanzado verticalmente del suelo hacia arriba y alcanzando una altura h, o abandonado de la misma altura en relación al suelo, en un lugar donde la aceleración de la gravedad es igual a g.

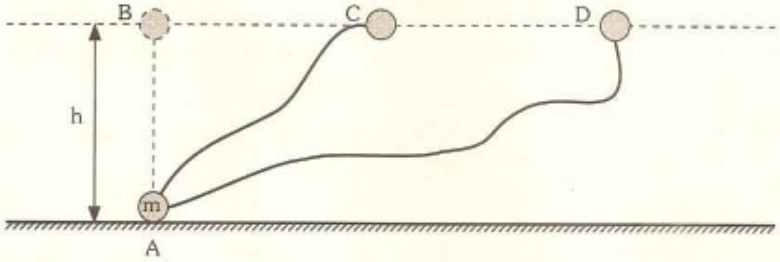
Como el cuerpo está sujeto a la fuerza peso P, ella realiza un trabajo *resistente* durante la subida y un trabajo *motor* durante la bajada.



$\tau_{A,B} = -P \cdot h$ $\qquad$ $\tau_{A,B} = P \cdot h$

$\tau_{A,B} = -mgh$ $\qquad$ $\tau_{A,B} = mgh$

Note que el trabajo de la fuerza peso no depende de la trayectoria, es decir, depende solamente de las posiciones inicial y final del cuerpo. Fuerzas con esa característica son llamadas *fuerzas conservativas*.

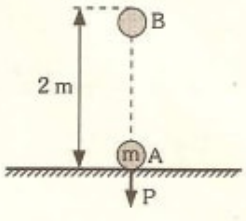


El trabajo de la fuerza peso durante los trayectos AB, AC y AD es el mismo, es decir:

$$\tau_{A,B} = \tau_{A,C} = \tau_{A,D} = -mgh$$

Problemas de Aplicación

1 Un hombre levanta una caja de 8kg de masa a una altura de 2m en relación al suelo, con una velocidad constante. Sabiendo que $g = 10 m/s^2$, determine el módulo del trabajo realizado por la fuerza peso.



Solución:

$\tau_{A,B} = -mgh$

$\tau_{A,B} = -8 \cdot 10 \cdot 2$

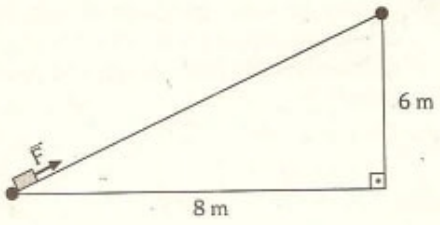
$\tau_{A,B} = -160J \therefore |\tau| = 160J$

Respuesta: 160J

Subido por Leazeel

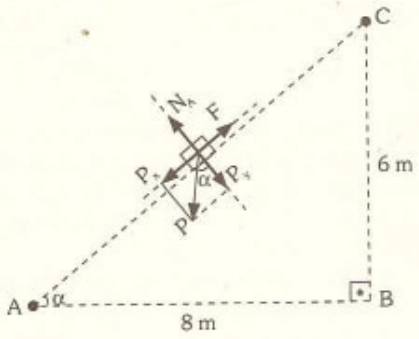
2 Un cuerpo de 4kg de masa debe ser elevado desde la base hasta el tope del plano inclinado de la figura de al lado.

Suponiendo que el rozamiento sea despreciable, ¿cuál es el trabajo realizado por $\vec{F}$, paralela al plano, para que el bloque suba con una velocidad constante? Adopte $g = 10m/s^2$.



Solución:

Aislando las fuerzas, se tiene:



- Cálculo de $\overline{AC}$

$\overline{AC}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{CB}^2 \Rightarrow d^2 = 8^2 + 6^2 \Rightarrow d = 10m$

Luego, $\text{sen}\,\alpha = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$ y $\cos\alpha = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$.

- Cálculo de P_x

$P_x = P \cdot \text{sen}\,\alpha = mg \cdot \text{sen}\,\alpha = 4 \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} = 24N$

Como el cuerpo sube con una velocidad constante, se tiene: $F = P_x = 24N$

Por tanto:

$\tau = F \cdot d = 24 \cdot 10 = 240J$

Si una persona suspendiese el cuerpo verticalmente sin usar la rampa, el trabajo que ella debería realizar sería el de la fuerza peso multiplicado por la distancia vertical BC.

$\tau = P \cdot h = mgh = 4 \cdot 10 \cdot 6 = 240J$

La ventaja del plano inclinado es que la fuerza utilizada para elevar el cuerpo es menor (24N) que la fuerza exigida sin la rampa (40N).

Respuesta: 240J

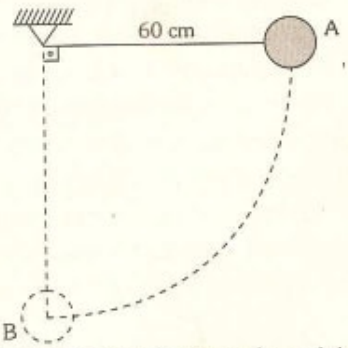
PROBLEMAS PROPUESTOS

278 Un joven deja caer una piedra de 0,4kg de lo alto de una torre de 25m de altura. Siendo $g = 10m/s^2$, calcule el trabajo realizado por la fuerza peso hasta que la piedra alcance el suelo.

279 Una persona arrastra un bolsa de arena de 10kg de masa a una distancia de 8m sobre el suelo, empleando una fuerza horizontal de 90N. A continuación, levanta la bolsa a una altura de 1,5m y la coloca sobre un muro. Sabiendo que $g = 10m/s^2$, calcule el trabajo total realizado por la persona.

280 ¿Cuál es el trabajo desarrollado por una persona que lleva hasta una altura de 7m un cuerpo de 3kg de masa, con una velocidad constante? Adopte $g = 10m/s^2$.

281 Una esfera de 2kg de masa está sujeta al extremo de un hilo de 60cm de longitud, dispuesto horizontalmente, como se indica en la figura.

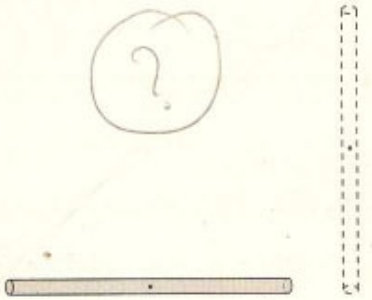


Calcule el trabajo realizado por el peso de la esfera en el desplazamiento de A a B. Considere $g = 10m/s^2$.

282 Calcule el trabajo realizado por una persona de 60kg de masa cuando sube, con una velocidad constante, una escalera de 50 gradas de 20cm de altura cada una.

Subido por Leazeel

283 Un poste de madera, de 3,2m de longitud y 400N de peso, está dispuesto horizontalmente. ¿Cuál es el trabajo realizado para colocarlo en la posición vertical?

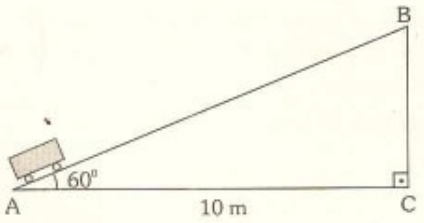


284 Un bloque de 2kg de masa se desliza sobre una superficie horizontal sin rozamiento, con una velocidad de 10m/s, entrando así en una región donde existe rozamiento de coeficiente 0,5. Se pregunta:

a) ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento después de que el bloque recorrió 5m con rozamiento?

b) ¿Cuál es la velocidad del bloque al final de esos 5m?

285 El carrito indicado en la figura tiene 100kg de masa. Calcule el trabajo realizado para llevarlo de A hasta B con una velocidad constante. Adopte $g = 10m/s^2$.



286 Un náufrago de 60kg de masa es sacado del océano por medio de una cuerda que está colgada de un helicóptero hasta una altura de 18m, en dirección vertical. La aceleración de subida del náufrago es $1,2m/s^2$. Adopte $g = 10m/s^2$.

a) ¿Cuál es el trabajo realizado por el helicóptero sobre el náufrago?

b) ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza peso sobre el náufrago?

4 Potencia

Se consideran dos personas que realizan el mismo trabajo.

Si una de ellas emplea un tiempo menor que la otra para realizar ese trabajo, tiene que realizar un esfuerzo mayor. Por tanto, se dice que desarrolló una *potencia* mayor.

Dos casos para ejemplificar:

- un automóvil es más potente que otro cuando él "arranca" más rápidamente, esto es, alcanza una mayor velocidad en un intervalo de menor tiempo;
- Un equipo de sonido es más potente que otro cuando transforma más energía eléctrica en sonora en un intervalo de tiempo menor.

Una máquina se caracteriza no por el trabajo que efectúa, pero sí por el trabajo que puede efectuar en determinado tiempo; de ahí la noción de potencia.

Se define como *potencia media* el cociente del trabajo desarrollado por una fuerza y el tiempo empleado para realizarlo.

Su expresión matemática es:

$$P_{ot} = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Efectuando algunas transformaciones, se puede escribir:

$$P_{ot} = \frac{F \cdot d}{\Delta t} = F \cdot v_m$$

Donde:
- P_{ot} es la potencia media;
- τ es el trabajo realizado;
- Δt es el intervalo de tiempo;
- F es la fuerza;
- v_m es la velocidad media.

Subido por Leazeel

Cuando el tiempo empleado en la realización de un trabajo es muy pequeño ($t \to 0$), queda caracterizada la potencia instantánea. En este caso, se tiene:

$$P_{ot} = F \cdot v$$

Donde: • P_{ot} es la potencia instantánea;
• F es la fuerza;
• v es la velocidad instantánea.

La unidad de potencia en el Sistema Internacional es el watt, que se indica por la letra W.

Las otras dos unidades de potencia son el caballo-vapor y el *horse power*, cuyas relaciones son:

$$1CV \simeq 735W$$
$$1HP \simeq 746W$$

Como el watt es una unidad de potencia muy pequeña, se mide la potencia en unidades de 1 000W, denominadas kilowatts (kW).

$$1kW = 1\,000W$$

Los números 1 300, 1 600, 2.0, 125cc y 400cc, que representan la potencia de un automóvil o de una moto, indican el desplazamiento en volumen efectuado por los pistones dentro de los cilindros del motor; indican, por tanto, el trabajo realizado por ellos en el interior de los cilindros.

Problema de Aplicación

Calcule la potencia media desarrollada por una persona que eleva a 20m de altura, con una velocidad constante, un cuerpo de 5kg de masa en 10s. Siendo $g = 10m/s^2$.

Solución:

$$P_m = \frac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P_m = \frac{mgh}{\Delta t} \Rightarrow P_m = \frac{5 \cdot 10 \cdot 20}{10} \Rightarrow P_m = 100W$$

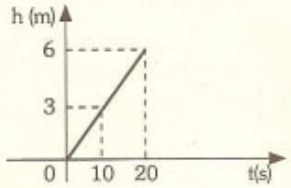
Respuesta: 100W

PROBLEMAS PROPUESTOS

287 Un hombre de 80kg de masa sube un cerro cuya elevación total es de 20m, en 10s. ¿Cuál es la potencia media que desarrolla? Adopte $g = 10m/s^2$.

288 Un motor de 60kW de potencia acciona un vehículo durante 2h. Calcule el trabajo desarrollado por el motor.

289 Una apiladora eléctrica transporta del suelo hasta un estante, a 6m del suelo, un paquete de 120kg. El gráfico ilustra la altura del paquete en función del tiempo.



Determine la potencia aplicada al cuerpo por la apiladora. Adopte $g = 10m/s^2$.

290 Una fuerza horizontal de 20N de intensidad es aplicada a un cuerpo inicialmente en reposo. Sabiendo que el cuerpo sufre un desplazamiento de 8m en 2s, calcule la potencia media de esa fuerza.

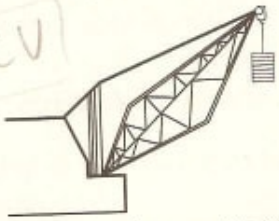
291 Un punto material tiene 4kg de masa y velocidad inicial de 12m/s. Sabiendo que sobre él actúa una fuerza de 20N de intensidad, durante 9s, responda:

a) ¿Cuál es el trabajo realizado por esa fuerza?

b) ¿Cuál es la potencia desarrollada?

Subido por Leazeel

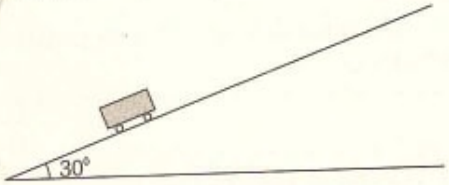
292 La grúa de la figura eleva a cada 5s, y a la altura de 4m, 10 fardos de 1 470kg cada uno. Determine la potencia de esa grúa en CV. Adopte $g = 10 m/s^2$.



293 Un cuerpo de 3kg de masa está inicialmente en reposo. En un determinado instante se le aplica una fuerza constante $\vec{F}$ de 18N de intensidad. Despreciando el rozamiento, determine la potencia instantánea del cuerpo 15s después de iniciado el movimiento.

294 Un automóvil de masa m = 500kg acelera uniformemente a partir del reposo hasta una velocidad v = 40m/s en t = 10s. Determine la potencia desarrollada por ese automóvil al final de los 10 primeros segundos.

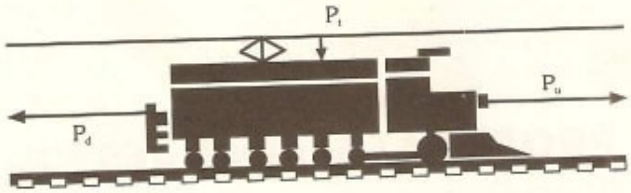
295 Determine la potencia desarrollada por el motor de un automóvil de $6 \cdot 10^3$ N de peso, al subir la rampa indicada en la figura, con una velocidad constante de 72km/h. Desprecie los rozamientos.



5 Rendimiento

Si se imagina una máquina cualquiera que debe realizar un determinado trabajo, por ejemplo, un tren eléctrico. Para que el tren eléctrico funcione, se le debe suministrar una potencia denominada *potencia eléctrica* o *potencia total*. Por otro lado, el tren desarrolla una potencia útil que provoca su desplazamiento.

La potencia útil es siempre menor que la potencia total, pues una parte de la potencia total es utilizada (perdida) para vencer las resistencias pasivas, representadas principalmente por el rozamiento. A la porción de la potencia total que es perdida (disipada) se denomina potencia disipada o *potencia perdida*.



La relación entre esas magnitudes es:

$$P_t = P_u + P_d$$

Donde:
- P_t es la potencia total;
- P_u es la potencia útil;
- P_d es la potencia disipada.

Para calificar una máquina en cuanto a su eficiencia, se define la magnitud rendimiento (η) como el cociente entre la potencia útil y la potencia total recibida.

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

P_u → lo que se aprovecha
P_t → el total recibido

Subido por Leazeel

Relacionando los trabajos, se tiene:

$$\mathcal{T}_t = \mathcal{T}_u + \mathcal{T}_d$$

Donde:
- $\mathcal{T}_t$ = trabajo total o trabajo motor;
- $\mathcal{T}_u$ = trabajo útil;
- $\mathcal{T}_d$ = trabajo disipado.

Observaciones:

1ª) Como el rendimiento es el cociente entre dos magnitudes de la misma unidad, él es adimensional, es decir, no tiene unidad.

2ª) El rendimiento puede ser expresado en porcentaje.

3ª) El rendimiento siempre es menor que 1 y mayor o igual a cero, es decir, $0 \leq \eta < 1$.

Problemas de Aplicación

1 El rendimiento de una máquina es de 80%. Sabiendo que ella realiza un trabajo de 1 000J en 20s, determine la potencia total consumida por la máquina.

Solución:

El trabajo realizado por el motor es útil. Luego:

$$P_u = \frac{\mathcal{T}_u}{\Delta t} \Rightarrow P_u = \frac{1\,000}{20} \Rightarrow P_u = 50W$$

Para el cálculo de la potencia total, se tiene:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t} \Rightarrow 0{,}8 = \frac{50}{P_t} \Rightarrow P_t = 62{,}5W$$

Respuesta: 62,5W

2 El motor de un automóvil tiene potencia útil de 80HP. ¿Cuál es la fuerza aplicada en el automóvil cuando se desplaza con una velocidad constante de 90km/h?

Solución:

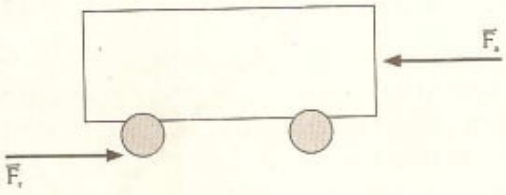
Como 1HP = 746W, la potencia útil del automóvil está dada por:

$$P_{ot} = 80 \cdot 746 = 59\,680W$$

Siendo v = 90km/h = 25m/s la velocidad constante del automóvil, se tiene:

$$P_{ot} = F \cdot v \Rightarrow 59\,680 = F \cdot 25 \Rightarrow F = 2\,387{,}2N$$

La fuerza de 2 387,2N de intensidad es la fuerza de rozamiento ejercida por el suelo sobre las ruedas. Esa fuerza tiene el mismo sentido del movimiento del automóvil, realizando un trabajo positivo sobre él. Como el automóvil se mueve con una velocidad constante, la fuerza resultante que actúa sobre él es nula. Luego, existe una fuerza de módulo 2 387,2N que actúa en sentido contrario al movimiento del automóvil. Esa fuerza se debe a la resistencia del aire sobre el automóvil.



Respuesta: $F_r = 2\,387{,}2N$ y $F_a = 2\,387{,}2N$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

296 Un motor de potencia total 800W desarrolla una potencia útil de 600W. Determine el rendimiento en porcentaje.

297 ¿Qué potencia absorbe un motor de 40CV, trabajando en plena carga, si su rendimiento es de 0,7?

298 Un motor de 50HP utiliza efectivamente en su operación 40HP. ¿Cuál es su rendimiento?

299 Una máquina proporciona un trabajo útil de 600J. Sabiendo que su rendimiento es de 60%, calcule el trabajo perdido.

300 Un automóvil de 120kg recorre una pista recta y horizontal de 800m, con una velocidad constante de 20m/s. Durante el movimiento, el motor del automóvil desarrolla 30kW de potencia eficaz. Determine el trabajo eficaz realizado por el motor en el intervalo considerado.

301 ¿En cuánto tiempo un motor de potencia útil igual a 125W, funcionando como ascensor, eleva a 10m de altura, con una velocidad constante, un cuerpo de 50N de peso?

302 En una casa, el agua se extrae de un pozo de 12m de profundidad con auxilio de un motor de 6kW. Determine el rendimiento del motor si, para llenar un tanque de 9 000ℓ, transcurre un tiempo de 1 hora. Siendo $g = 10m/s^2$ y $\mu_{agua} = 1kg/\ell$.

6 Energía

Cuando se dice que una persona tiene energía, se supone que tiene gran capacidad para trabajar. Cuando se dice que ella no tiene energía, significa que perdió la capacidad de trabajo. Entonces, se puede decir que un sistema o un cuerpo tiene energía cuando tiene la capacidad para realizar trabajo.

La energía se manifiesta bajo varias formas, según el agente que la produce:

- energía mecánica: en la caída de los cuerpos;
- energía térmica: en la máquina a vapor;
- energía eléctrica: en la pila.

En la Mecánica, se estudia la energía que se puede presentar, básicamente, bajo dos formas:

- energía cinética o de movimiento;
- energía potencial o de posición.

Thales Trigo/FTD

Nelson Toledo/FTD

a) Energía cinética

El agua que corre, el viento que sopla, un cuerpo que cae, la bala que sale de la boca de un cañón, etc., tienen energía, pues pueden producir trabajo cuando encuentran algún obstáculo.

Subido por Leazeel

El agua que corre puede accionar una turbina; el viento impulsa los barcos a vela, hace girar los molinos; la bala de un cañón derrumba edificios.

A ese tipo de energía que los cuerpos tienen debido al movimiento se denomina *energía cinética*.

b) Energía potencial

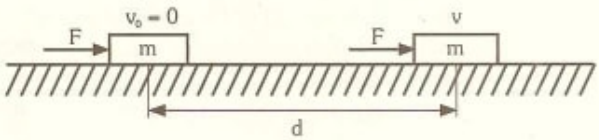
El agua de la represa, al caer, acciona la turbina de una usina hidroeléctrica; la caja, al soltarse el hilo que la sujeta, produce una deformación; y el resorte, al dejar de comprimirse, puede lanzar un cuerpo hacia arriba.

A ese tipo de energía almacenada por los cuerpos debido a sus posiciones se denomina *energía potencial*.

Manoel Novaes/FTD

7 Fórmula matemática de la energía cinética

Se supone un cuerpo de masa m, inicialmente en reposo, sobre el cual pasa a actuar una fuerza de intensidad F durante un tiempo t.



Después de ese tiempo la velocidad del cuerpo es v y el desplazamiento es d.
La energía adquirida por el cuerpo es igual al trabajo realizado por F.

$$E = \mathcal{T} = Fd = mad \quad ①$$

Pero el desplazamiento está dado por:

$$d = \frac{1}{2} at^2 \quad ②$$

Sustituyéndose la expresión ② en la ①, se obtiene:

$$E = \frac{1}{2} at^2 \, ma \Rightarrow E = \frac{1}{2} ma^2t^2 = \frac{1}{2} m(at)^2$$

Como v = at, se tiene:

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow \boxed{E_c = \frac{1}{2} mv^2}$$

Esta es la fórmula matemática de la energía cinética de un cuerpo de masa m y velocidad v y representa el trabajo realizado por la fuerza F para aumentar la velocidad del cuerpo de cero hasta v.

Como el trabajo es una forma de energía, las unidades de energía son las mismas que las unidades del trabajo.

Thales Trigo/FTD
Nelson Toledo/FTD
Subido por Leazeel

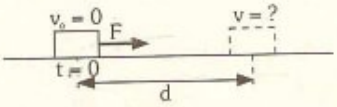
Problema de Aplicación

Considere un punto material de 6kg de masa, inicialmente en reposo, sobre un plano horizontal liso. En el instante t = 0, pasa a actuar sobre el punto material una fuerza F = 12N, durante 10s.

a) ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza F?

b) ¿Cuál es la energía cinética del punto material a los 10s?

Solución:



a) Cálculo de la aceleración

$F = ma \Rightarrow 12 = 6a \Rightarrow a = 2m/s^2$

Cálculo del desplazamiento

$s = s_o + v_o t + \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow s - s_o = v_o t + \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow d = 0 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^2$

$d = 100m$

Cálculo del trabajo

$\tau = F \cdot d \Rightarrow \tau = 12 \cdot 100 \Rightarrow \tau = 1\,200J$

b) Cálculo de la velocidad

$v = v_o + at \Rightarrow v = 0 + 2 \cdot 10 \Rightarrow v = 20m/s$

Cálculo de la energía cinética

$E_c = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow E_c = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 20^2 \Rightarrow E_c = 1\,200J$

Note que la energía cinética del punto material es igual al trabajo realizado por la fuerza $\vec{F}$ para aumentar la velocidad del punto material de cero a 20m/s.

Respuesta: a) 1 200J b) 1 200J

PROBLEMAS PROPUESTOS

303 Calcule la energía cinética de un cuerpo de 8kg de masa en el instante en que su velocidad es 72km/h.

304 La masa de un cohete es igual a $6 \cdot 10^3$kg. Para escapar de la gravedad terrestre él debe alcanzar la velocidad de 11,2km/s. Determine la cantidad mínima de energía necesaria para llevar el cohete desde el reposo hasta esa velocidad.

305 Se tienen dos cuerpos de masa m_1 y m_2 y de velocidades escalares v_1 y v_2, respectivamente. La masa del primero es cuatro veces mayor que la del segundo. Determine la relación entre v_1 y v_2 de modo que sus energías cinéticas sean iguales.

306 Un automóvil marcha a una velocidad de 70km/h. ¿Qué velocidad necesita alcanzar para duplicar su energía cinética?

307 Considere un punto material de 8kg de masa, inicialmente en reposo, sobre un plano horizontal liso. Sabiendo que sobre él actúa una fuerza horizontal de 32N de intensidad, calcule:

a) el trabajo realizado por la fuerza horizontal durante 10s;

b) la energía cinética del punto material a los 16s.

308 Se lanza un cuerpo de 10kg de masa verticalmente hacia arriba, con una velocidad de 30m/s. Adoptando $g = 10m/s^2$, calcule la energía cinética del cuerpo a los 5s.

309 Un cuerpo de 6kg de masa efectúa un movimiento circular uniforme con una frecuencia de 4Hz en una circunferencia de 100cm de radio. Desprecie el rozamiento y adopte $\pi^2 = 10$.

a) ¿Cuál es la intensidad de la fuerza centrípeta que actúa sobre el cuerpo?

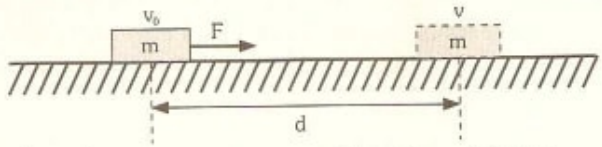
b) ¿Cuál es la energía cinética del cuerpo?

c) ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza centrípeta en 5 vueltas?

Subido por Leazeel

8 Teorema de la energía cinética (fuerzas vivas)

Considerando un cuerpo de masa m que pasa de una velocidad v_0 a una velocidad v bajo la acción de la fuerza resultante F en un desplazamiento d.



Esta fuerza producirá en el cuerpo una aceleración a tal que:

$$\mathcal{T} = F \cdot d = mad \quad ①$$

De la ecuación de Torricelli, se tiene:

$$v^2 = v_0^2 + 2\,ad \Rightarrow ad = \frac{v^2 - v_0^2}{2} \qquad ②$$

Sustituyéndose ② en ① , se obtiene:

$$\mathcal{T} = m\left(\frac{v^2 - v_0^2}{2}\right) \Rightarrow \mathcal{T} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\mathcal{T} = E_{c_f} - E_{c_i}$$

Donde:

$\frac{1}{2}mv^2 = E_{c_f}$ = energía cinética final;

$\frac{1}{2}mv_0^2 = E_{c_i}$ = energía cinética inicial.

De ahí se puede enunciar:

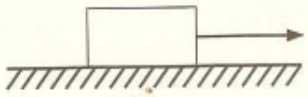
> El trabajo realizado por la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es igual a la variación de la energía cinética de ese cuerpo.

Este teorema es de gran utilidad en Mecánica. En primer lugar, permite calcular la velocidad de una partícula a partir de una velocidad conocida y del cálculo del trabajo de las fuerzas aplicadas. La determinación de la velocidad es uno de los objetivos de la Cinemática, aquí realizado por medio de la magnitud trabajo.

En segundo lugar, permite también calcular el trabajo de ciertos tipos de fuerza a partir de una variación de velocidad de la partícula. Por tanto, permite medir los diferentes tipos de energía transferidos a la partícula.

Problema de Aplicación

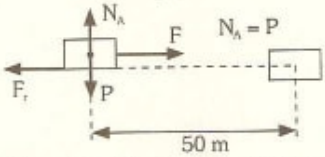
Un cuerpo de 2kg de masa está en reposo sobre el plano horizontal rugoso indicado en la figura. Se le aplica una fuerza horizontal F = 40N y el cuerpo se desplaza 50m, adquiriendo una velocidad de 30m/s al final de ese desplazamiento. Determine la intensidad de la fuerza de rozamiento entre el cuerpo y el plano de apoyo.



Solución:

Siendo:
$$\begin{cases} m = 2kg \\ v_0 = 0 \\ F = 40N \\ d = 50m \\ v = 30m/s \end{cases}$$

Aislando el cuerpo, se tiene:



El trabajo de la fuerza resultante está dado por:

$$\tau_R = E_{cf} - E_{c_i} \Rightarrow \tau_R = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 \Rightarrow \tau_R = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 30^2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 0^2$$
$$\tau_R = 900J$$

Por tanto:

$$\tau_R = F_R \cdot d \Rightarrow \tau_R = (F - F_r) \cdot d \Rightarrow 900 = (40 - F_r) \cdot 50$$
$$F_r = 22N$$

Respuesta: 22N

PROBLEMAS PROPUESTOS

310 Un cuerpo de 10kg de masa realiza un movimiento rectilíneo sobre un plano perfectamente liso. ¿Cuál es el trabajo realizado por una fuerza que hace variar la velocidad del cuerpo de 36km/h a 90km/h?

311 Una fuerza constante de 10N de intensidad se aplica a un cuerpo de 2kg de masa en un desplazamiento de 4m, sobre un plano horizontal liso. Sabiendo que el cuerpo estaba en reposo, calcule la energía cinética y la velocidad final del cuerpo.

312 Una fuerza constante de módulo F actúa sobre un cuerpo de 12kg de masa, cuya velocidad varía de 2m/s a 10m/s en un desplazamiento de 24m. Halle el valor de F.

313 Al ser bombeados por el corazón en régimen de baja actividad física, 200g de sangre adquieren la velocidad de 30cm/s. Con el aumento de la actividad física, esta misma cantidad alcanza la velocidad de 60cm/s. En esas condiciones, calcule, en joules, la variación de trabajo realizada por el corazón.

314 Una partícula, sujeta a una fuerza constante de 2N de módulo, se mueve sobre una recta. La variación de la energía cinética de la partícula entre dos puntos, A y B, es igual a 3J. Calcule la distancia entre A y B.

315 Un vehículo de 840kg de masa recorre una carretera recta y horizontal a 72km/h. De pronto se aplican los frenos, reduciendo la velocidad a 36km/h. Calcule el trabajo de la fuerza ejercida por los frenos en esa variación de velocidad.

316 Un automóvil de 1 000kg de masa tiene velocidad de 72km/h cuando entra en una carretera rugosa donde el coeficiente de rozamiento es igual a 0,2.

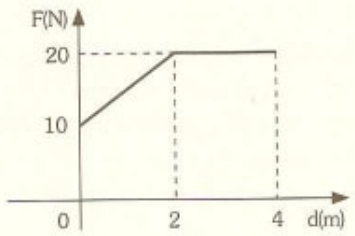
Subido por Leazeel

Halle la velocidad del automóvil cuando el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento tiene un módulo 192 000J.

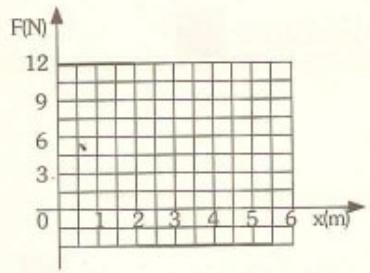
317 Un jugador de tenis efectúa un saque con la pelota con una velocidad inicial de 20m/s. Otro tenista, en el mismo nivel, rebate la pelota cuando la velocidad se redujo a 15m/s. Sabiendo que la masa de la pelota es de 60g, calcule el trabajo realizado por la resistencia del aire.

318 Un proyectil de 10g de masa, con una velocidad de 400m/s dirigida horizontalmente, alcanza una placa de madera y penetra 20cm en ella. Calcule el módulo de fuerza media de resistencia opuesto por la madera al movimiento de la bala.

319 La fuerza F que actúa sobre un móvil se representa en función del desplazamiento d en el gráfico. Se sabe que la masa del móvil es de 2kg y que, en el instante t = 0, la velocidad del móvil es 5m/s. Determine la velocidad del móvil cuando d = 4m.



320 El gráfico representa la fuerza aplicada a un móvil de masa m = 3kg en función de la posición, a lo largo del eje x. La fuerza actúa en la dirección del eje de las x y es positiva cuando su sentido es el mismo de las x crecientes. Se abandona el móvil en x = 0, con una velocidad nula. Determine la velocidad del móvil cuando pasa por los puntos x = 2m y x = 6m.



321 Un bloque de 1kg es colocado para que se deslice sobre una mesa horizontal con una energía cinética de 2J. Debido al rozamiento entre el bloque y la mesa, él se detiene después de recorrer la distancia de 1m.

a) ¿Cuál es el coeficiente de rozamiento, suponiéndolo constante, entre la mesa y el bloque?

b) ¿Cuál es el trabajo efectuado por la fuerza de rozamiento?

322 Un cuerpo es arrastrado sobre una superficie horizontal por una fuerza constante de 10N de intensidad que forma con la horizontal un ángulo de 60°. Durante la acción de la fuerza, el cuerpo se desplazó 4m y su energía cinética sufrió una variación de 12J. Determine la intensidad de la fuerza media de rozamiento que la superficie ejerció sobre el cuerpo.

9 Fórmula matemática de la energía potencial

Un cuerpo o un sistema de cuerpos puede tener fuerzas interiores capaces de modificar la posición relativa de sus diferentes partes, realizando así un trabajo.

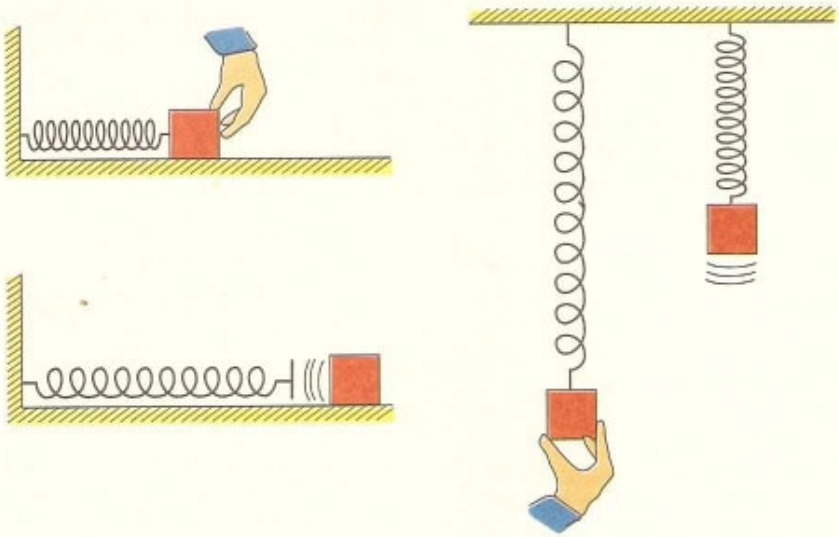
Se dice, entonces, que el cuerpo o el sistema de cuerpos tiene *energía potencial*.

Como ejemplo se puede citar el agua contenida en una represa a cierta altura.

Abriéndose las compuertas, el agua atraída por la gravedad se coloca en movimiento y realiza trabajo.

Subido por Leazeel

Otro ejemplo es un resorte comprimido o estirado.



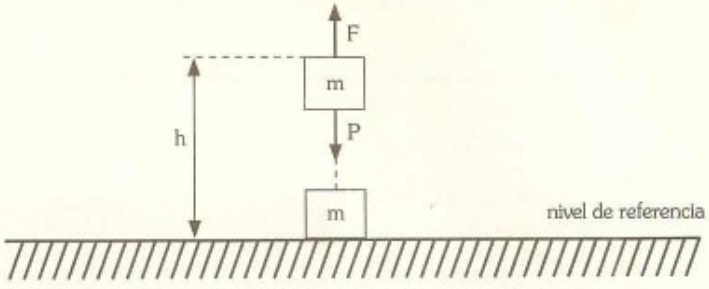
Cuando queda libre de la fuerza del operador, la fuerza elástica del resorte hace que el cuerpo se mueva produciendo trabajo.

A la energía potencial se denomina también *energía de posición*, porque se debe a la posición relativa que ocupan las diversas partes del cuerpo o del sistema.

A la energía potencial debida a la gravedad se *llama energía potencial gravitacional* y a aquella debida al resorte se denomina *energía potencial elástica*.

a) Energía potencial gravitacional

Considerando un cuerpo de masa m sobre el suelo, en un lugar donde la aceleración de la gravedad es g.



El trabajo para que una persona (fuerza F) pueda elevar el cuerpo hasta una altura h, con una velocidad constante, queda almacenado en el cuerpo en forma de energía potencial gravitacional dada por:

$$\mathcal{T} = P \cdot h \Rightarrow \mathcal{T} = mgh \Rightarrow \qquad \boxed{E_{P_{grav}} = mgh}$$

Observación:

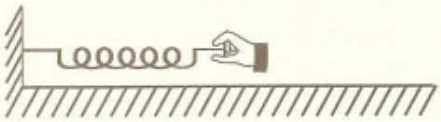
Para el cálculo de la energía potencial gravitacional se adopta el suelo como nivel de referencia, es decir, en ese nivel la energía potencial gravitacional es nula.

Subido por Leazeel

b) Energía potencial elástica

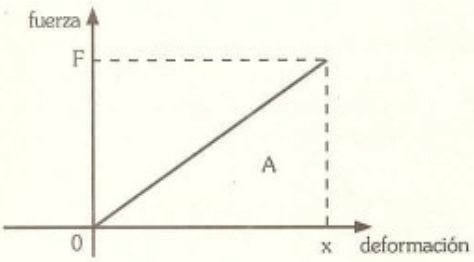
Considerando un resorte de constante elástica k, sujeto a una pared por un extremo sin extenderlo.

Considerando ahora un agente externo estirando ese resorte.



La fuerza que el resorte opone a su deformación está dada por F = kx, donde x es la deformación sufrida por el resorte y cuyo gráfico se representa al lado.

El trabajo que el agente externo realiza para vencer la resistencia del resorte (área A) es igual a la energía que él transfiere al resorte y queda almacenada como energía elástica dada por:

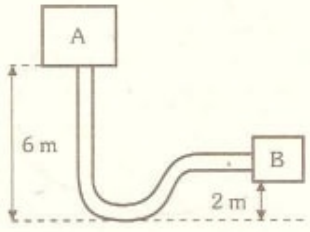


$$A = \mathcal{E} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{x \cdot F}{2}$$

$$\mathcal{E} = \frac{x \cdot kx}{2} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{kx^2}{2} \quad \text{o} \quad \boxed{E_{P_{elástica}} = \frac{kx^2}{2}}$$

Problemas de Aplicación

1 Un reservorio de agua A, que contiene $7 \cdot 10^3$kg de agua, alimenta una turbina B por medio de un tubo, conforme se indica en la figura de al lado. Determine la energía que se puede transferir a la turbina vaciándose el reservorio. Considere g = 10m/s².



Solución:

La energía que se puede transferir a la turbina es la diferencia entre las energías potenciales del agua en A y B.

$E_{P_A} = mgh_A \Rightarrow E_{P_A} = 7 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 6 \Rightarrow E_{P_A} = 4{,}2 \cdot 10^5 J$

$E_{P_B} = mgh_B \Rightarrow E_{P_B} = 7 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 2 \Rightarrow E_{P_B} = 1{,}4 \cdot 10^5 J$

Por tanto:

$\Delta E = E_{P_A} - E_{P_B} \Rightarrow \Delta E = 4{,}2 \cdot 10^5 - 1{,}4 \cdot 10^5 \Rightarrow \Delta E = 2{,}8 \cdot 10^5 J$

Respuesta: $2{,}8 \cdot 10^5 J$

Subido por Leazeel

2 Un resorte cuya constante elástica es k = 400N/m se comprime 5cm. Determine la energía potencial elástica.

Solución:

$$E_{P_{elástica}} = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow E_{P_{elástica}} = \frac{400 \cdot (0{,}05)^2}{2}$$

$$E_{P_{elástica}} = 0{,}5J$$

Respuesta: 0,5J

PROBLEMAS PROPUESTOS

323 Un cuerpo de 20kg de masa se halla ubicado a una altura de 6m en relación al suelo. Siendo g = 9,8m/s², calcule su energía potencial gravitacional.

324 Un punto material de 40kg de masa posee una energía potencial de 800J en relación al suelo. Siendo g = 10m/s², calcule a qué altura del suelo se encuentra.

325 Un bloque de aluminio de 5kg de masa se coloca en lo alto de una escalera de 30 escalones de 25cm de altura cada uno. Considere que g = 10m/s². Determine la energía potencial del bloque en relación:
a) al suelo;
b) al escalón 20.

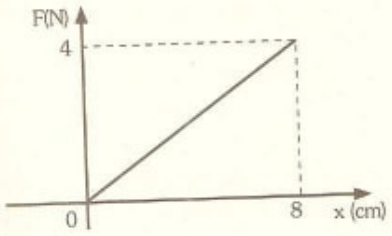
326 Un automóvil de 12 000N de peso transita por una carretera en la sierra. Determine la energía que utiliza el motor del automóvil cuando él pasa de la cota 900 a la cota 1 300, considerando que el rendimiento es del 40%.

327 Un joven sube en un ascensor en la planta baja y se dirije al 5º piso, mientras su hermano, que desea mantener su forma atlética, decide subir por la escalera. Sabiendo que la masa de cada uno es de 60kg y que cada piso se halla a 4m por encima del anterior, responda:
a) Al final de la subida ¿cuál será la energía potencial gravitacional de cada uno en relación a la planta baja? Explique.
b) Si el joven deja caer una moneda de 100g de la ventana del departamento y el atleta deja caer una haltera de 10kg, ¿con qué velocidad tales objetos llegarán al suelo en la planta baja? Desprecie a la resistencia del aire. Explique.

328 Un resorte cuya constante elástica es 40N/m experimenta una deformación de 0,04m. Calcule la energía potencial acumulada por el resorte.

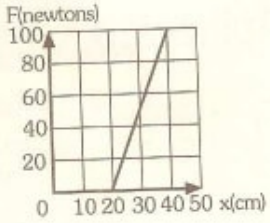
329 Un resorte cuya constante elástica es k = 600N/m posee una energía potencial elástica de 1 200J. Calcule su deformación.

330 El gráfico representa la intensidad de una fuerza aplicada a un resorte en función de la deformación.



Determine:
a) la constante elástica del resorte;
b) la energía que gana el resorte cuando x = 2cm.

331 Un resorte de 20cm de longitud está colgado en un soporte. En su extremo libre se coloca un balde vacío, cuya masa es igual a 0,5kg. Luego se coloca agua en el balde hasta que la longitud del resorte alcanza 40cm. El gráfico ilustra la fuerza que el resorte ejerce sobre el balde en función a su longitud. Considere g = 10m/s².



Determine:
a) la masa de agua colocada en el balde;
b) la energía potencial elástica acumulada en el resorte al final del proceso.

Subido por Leazeel

10 Principio de la conservación de la energía

Cualquier movimiento o actividad es realizado mediante la transformación de un tipo de energía en otro o en otros, esto es, mediante la transformación energética (no hay creación ni destrucción de energía).

Algunos ejemplos:

J.O. Barcelona/Gamma/Sigla

- Para que una persona pueda correr, nadar o levantar un peso, su energía se transforma en calor y en movimiento. Esa energía proviene de los alimentos ingeridos y del aire respirado por ella. Si el alimento ingerido es un vegetal verde, se obtiene esa energía a través de un proceso llamado fotosíntesis. Cuando una persona o un animal se alimenta de esos vegetales, esa energía queda almacenada en sus células, permitiendo la realización de actividades musculares.
- En las usinas hidroeléctricas, la energía potencial del agua se transforma en energía cinética y mueve las turbinas acopladas a generadores eléctricos. En las usinas termoeléctricas, la energía necesaria para calentar el agua proviene de combustibles derivados del petróleo o carbón. En las nucleares, se utiliza como combustible el uranio. La finalidad de esas usinas es transformar esas energías (potencial gravitacional, potencial química o potencial nuclear) en energía eléctrica, que tendrá otras formas en residencias, hospitales e industrias. Una licuadora la transformará en energía cinética; una lámpara, en térmica y luminosa; un aparato de radio, en energía sonora, etc.

Nelson Toledo/FTD

- Para que un automóvil pueda avanzar, él tiene que transformar en energía cinética parte de la energía que proviene del combustible.
- En los automóviles, las baterías producen energía eléctrica a través de reacciones químicas. Esa energía se transforma en movimiento en el motor de arranque, en luz en los faros y en energía sonora en la bocina.

La principal fuente de energía que se utiliza es la energía solar. La radiación solar es responsable por la producción de los alimentos vegetales, del carbón, del petróleo, de la evaporación, de los vientos, etc.

La energía del Sol y de otras estrellas se debe a la reacción exotérmica de fusión nuclear.

Así, se puede enunciar el principio de la conservación de la energía:

> La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma de una especie a otra, en cantidades iguales.

11 Energía mecánica total

Se denomina energía mecánica total de un cuerpo a la suma de las energías cinética y potencial, esto es:

$$E_M = E_C + E_P$$

En esta fórmula, la correspondiente a la E_P incluye la energía potencial gravitacional y la energía potencial elástica.

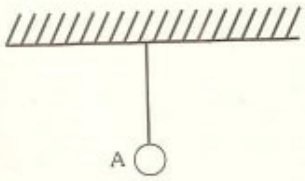
12 Principio de la conservación de la energía mecánica

Se pasa a estudiar ahora los sistemas conservativos, esto es, sistemas aislados en que las fuerzas de interacción son conservativas, es decir, no se consideran las fuerzas disipativas como el rozamiento y la resistencia del aire.

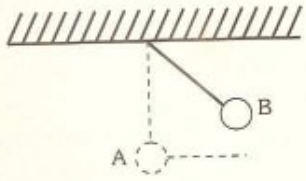
Cuando el trabajo de las fuerzas disipativas es resistente, hay una pérdida de energía mecánica. A esta pérdida, que es irreversible, se denomina *disipación*. El trabajo realizado por las fuerzas disipativas mide la energía mecánica que se disipa generalmente hacia la forma térmica y, más raramente, hacia otras formas.

Como ejemplo se va a estudiar el péndulo simple y despreciar a las fuerzas disipativas de rozamiento y de resistencia del aire.

Se considera un cuerpo en equilibrio en el punto A, colgado en el extremo de un hilo.



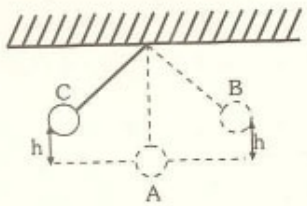
Desplazándose el cuerpo hacia la posición B, él ganará energía potencial.



Soltándose el cuerpo, él entra en movimiento, adquiriendo energía cinética cada vez mayor, y pierde energía potencial porque disminuye la altura, de tal forma que lo que el cuerpo pierde en energía potencial él gana en energía cinética.

Al llegar nuevamente al punto A, la energía potencial es nula y la cinética es máxima.

A partir de ahí, el cuerpo continúa en movimiento, perdiendo energía cinética y adquiriendo energía potencial, porque aumenta la altura hasta llegar al punto C, donde se detiene.



Subido por Leazeel

Como no se considera la resistencia del aire, se puede demostrar que la altura del punto B es la misma que la de C, lo que implica que el cuerpo tiene la misma energía que tenía al comienzo.

En este ejemplo, en cualquier punto de la trayectoria del cuerpo, a partir de la posición B, su energía mecánica permanece constante, esto es:

$$E_{MB} = E_{MA} = E_{MC} = cte$$

Por tanto, se puede enunciar:

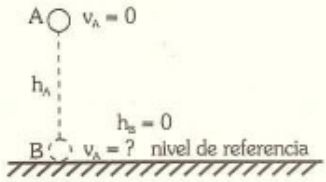
> En un sistema conservativo, la energía mecánica total permanece constante.
>
> $$E_M = E_C + E_P = cte$$

Problemas de Aplicación

1 Se deja caer un punto material de 5kg de masa de una altura de 45m en un lugar donde g = 10m/s². Calcule la velocidad del cuerpo al alcanzar el suelo.

Solución:

Despreciando a la resistencia del aire, el sistema es conservativo; luego, la energía potencial del punto material en A va disminuyendo hasta que se transforme totalmente en energía cinética en el punto B.



$$E_{M_A} = E_{M_B} \Rightarrow E_{C_A} + E_{P_A} = E_{C_B} + E_{P_B} \Rightarrow \frac{1}{2}m\cancel{v_A^2}^{\to 0} + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + \cancel{mgh_B}^{\to 0}$$

$$5 \cdot 10 \cdot 45 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot v_B^2$$

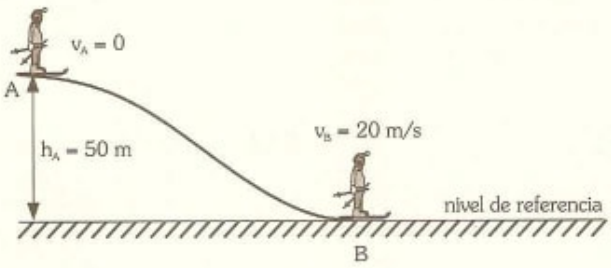
$$v_B = 30m/s$$

Respuesta: 30m/s

2 Un esquiador de 60kg de masa se desliza desde una ladera, partiendo del reposo, de una altura de 50m. Sabiendo que su velocidad al llegar al final de la ladera es de 20m/s, calcule la pérdida de energía debida al rozamiento. Adopte g = 10m/s².

Solución:

Esquema



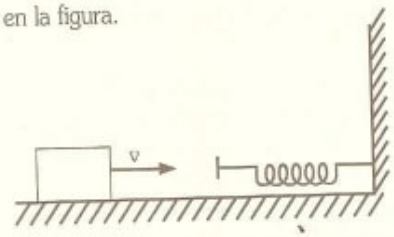
$$E_{M_A} = E_{M_B} + E_{disipada} \Rightarrow E_{C_A} + E_{P_A} = E_{C_B} + E_{P_B} + E_{disipada} \Rightarrow 0 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + 0 + E_{disipada}$$

$$60 \cdot 10 \cdot 50 = \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 20^2 + E_{disipada}$$

$$E_{disipada} = 18\,000J$$

Respuesta: 18 000J

3 Un cuerpo de 2kg de masa y 5m/s de velocidad choca contra un resorte cuya constante elástica es k = 20 000N/m, como se indica en la figura.



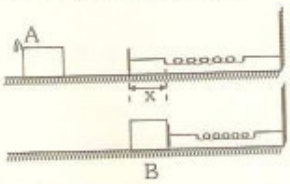
El cuerpo comprime al resorte hasta que se detiene. Desprecie los rozamientos y determine:

a) la energía potencial almacenada en el resorte;

b) la variación de la longitud del resorte.

Solución:

a) Suponiéndose que el sistema es conservativo, la energía cinética del cuerpo en A se transforma totalmente en energía potencial elástica en el punto B. Luego:



$$E_{M_A} = E_{M_B} \Rightarrow \frac{1}{2} mv^2 = E_{P_{elástica}} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 = E_{P_{elástica}}$$

$$E_{P_{elástica}} = 25J$$

b) Siendo x la deformación sufrida por el resorte, se tiene:

$$E_{P_{elástica}} = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow 25 = \frac{20\,000x^2}{2} \Rightarrow x = 0{,}05m$$

Respuesta: a) 25J b) 0,05m

PROBLEMAS PROPUESTOS

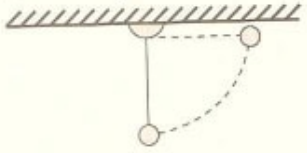
332 Un punto material de 0,5kg de masa es lanzado del suelo verticalmente hacia arriba con una velocidad de 12m/s. Despreciando la resistencia del aire y adoptando g = 10m/s², calcule la altura máxima que el punto material alcanza en relación al suelo.

333 De lo alto de una torre de 61,6m de altura se lanza verticalmente hacia abajo un cuerpo con una velocidad de 8m/s. Calcule la velocidad con que el cuerpo llega al suelo. Siendo g = 10m/s².

334 Un cuerpo de 2kg de masa es lanzado del suelo verticalmente hacia arriba con una velocidad de 50m/s. Sabiendo que, debido al rozamiento, el cuerpo disipa 100J de energía en forma de calor, determine la altura máxima alcanzada por él. Considere g = 10m/s².

335 Una pelota de goma de 2kg de masa es abandonada a partir del reposo de una altura h = 5m, cayendo al suelo. La energía perdida en el choque es E = 20J. Calcule la altura alcanzada por la pelota después del choque. Considere g = 10m/s².

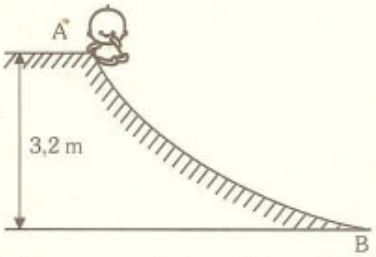
336 Un péndulo de 1kg de masa es llevado hasta la posición horizontal y luego es abandonado. Si el hilo tiene una longitud de 80cm, calcule la velocidad del péndulo cuando pasa por la posición de la altura mínima. Siendo g = 10m/s².



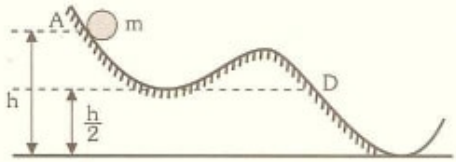
Subido por Leazeel

337 En una prueba de salto con garrocha un atleta de 60kg de masa desarrolla una velocidad de 10m/s para saltar. Considerando que toda la energía cinética desarrollada es utilizada en el salto, calcule la mayor altura que el atleta puede teóricamente alcanzar. Adopte $g = 10m/s^2$.

338 En el tobogán que se indica en la figura, se halla un niño de 30kg de masa, que parte del reposo del punto A y se desliza hasta B. Despreciando las pérdidas de energía y admitiendo que $g = 10m/s^2$, calcule la velocidad del niño al llegar al punto B.

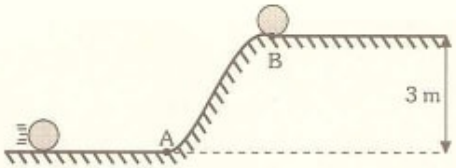


339 La figura representa la sección vertical de una superficie sin rozamiento.

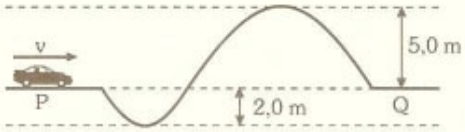


Calcule el valor de la velocidad del cuerpo de masa m al pasar por el punto D. El cuerpo es abandonado en el punto A. Siendo $m = 20kg$, $g = 10m/s^2$ y $h = 10m$.

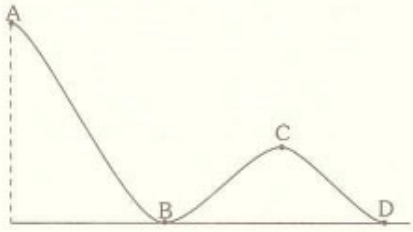
340 ¿Con qué velocidad la esfera debe pasar por el punto A para llegar al punto B con una velocidad de $2\sqrt{5}m/s$? Se sabe que durante el trayecto AB se produjo una pérdida de energía mecánica del 20%. Considere $g = 10m/s^2$.



341 Un carrito de 2kg de masa se mueve a lo largo de una vía cuyo perfil se representa en la figura, pasando por el punto P con una velocidad v. ¿Cuál debe ser el valor mínimo de v, en m/s, para que el carrito alcance el punto Q? Considere despreciables todos los rozamientos y adopte $g = 10m/s^2$.

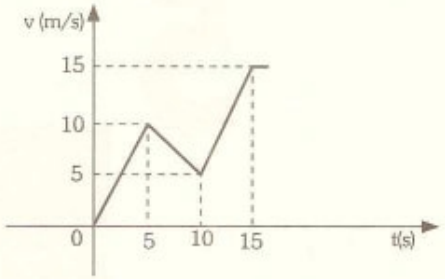


342 Un carrito de montaña rusa, de 2kg de masa, se desliza sin rozamiento a lo largo de la vía ABCD, que se ilustra en la figura. En A, la energía potencial del carrito en relación a un nivel de referencia pasando por los puntos B y D es de 84J y, en B, su energía cinética es de 100J. Se supone que él puede ser considerado como una partícula y que siempre permanece sobre la vía.



Calcule:
a) la energía mecánica del carrito, en el punto C;
b) la energía cinética del carrito, en el punto A;
c) el trabajo total realizado por el carrito entre los puntos A y D.

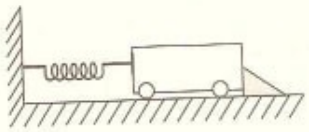
343 El gráfico representa la velocidad escalar, en función del tiempo, de un carrito de montaña rusa de 200kg de masa.



En el instante $t = 15s$, el carrito llega al nivel del suelo. Despreciando el rozamiento y considerando $g = 10m/s^2$, calcule:
a) el trabajo realizado por la fuerza de la gravedad en los instantes $t = 5s$ y $t = 15s$;
b) la altura de la que partió el carrito.

Subido por Leazeel

344 En la figura se tiene un resorte de masa despreciable, cuya constante elástica es 200N/m, que está comprimido 20cm entre una pared y un carrito de 2kg.

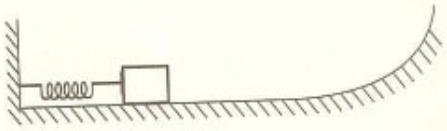


Cuando el carrito se suelta, toda la energía mecánica del resorte le es transferida. Despreciando el rozamiento, determine:

a) en las condiciones indicadas en la figura, el valor mayor de la fuerza que el resorte ejerce en la pared;

b) la velocidad con que el carrito se desplaza cuando se desprende del resorte.

345 Un cuerpo de 2kg de masa es empujado contra un resorte, cuya constante elástica es k = 500N/m, comprimiéndolo 20cm.

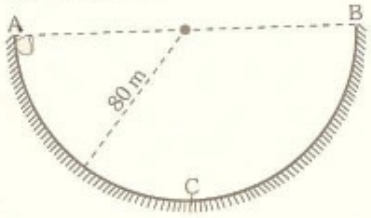


El cuerpo es liberado y el resorte lo lanza a lo largo de una superficie lisa y horizontal que termina en una rampa inclinada, como se indica en la figura. Siendo g = 10m/s², calcule la altura máxima alcanzada por el cuerpo en la rampa.

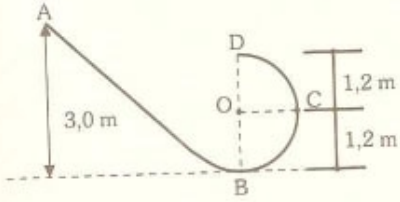
346 Se abandona del extremo de una superficie semicilíndrica y sin rozamiento un cubo de hielo que se desliza de adelante hacia atrás entre los puntos A y B. La masa del cubo es igual a 12g y el radio del semicilindro es 80cm. Determine:

a) la velocidad del cubo al pasar por el punto C;

b) la reacción normal del apoyo sobre el cubo de hielo en el punto C.



347 El esquema representa una pista ABCD perteneciente a un plano vertical. El trecho BCD es circular y su centro es O. Se abandona en A una partícula de masa m = 2kg, que se desliza por la pista sin rozamiento. Calcule la reacción de la pista sobre la partícula en el punto C. Considere g = 10m/s².

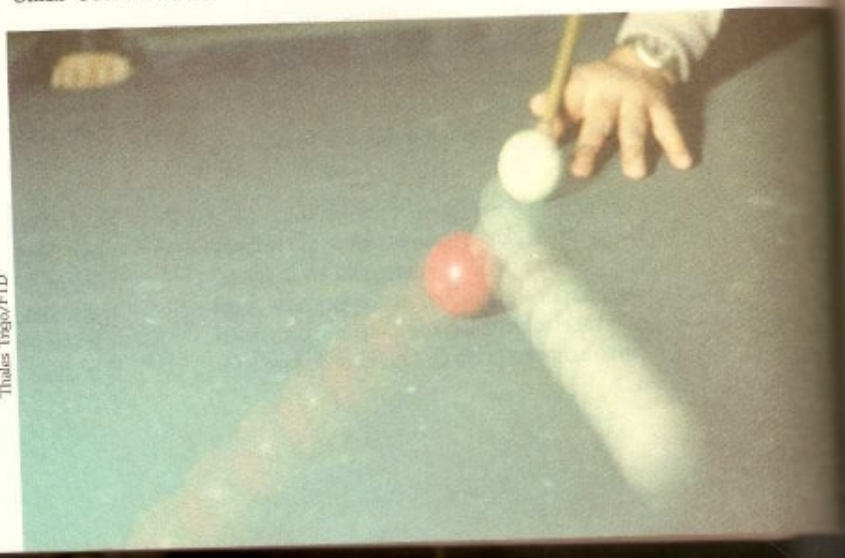


Capítulo **5**

Conservación de la cantidad de movimiento

1 Impulso de una fuerza

Considere una persona que da un golpe a una bola de billar con el taco.



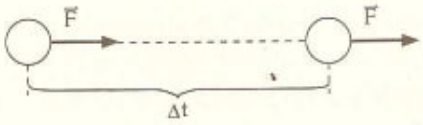
Thales Trigo/FTD

Subido por Leazeel

En este caso, se tiene la acción de una fuerza entre el taco y la bola de billar, en un pequeño intervalo de tiempo, que hace que la bola sea impulsada.

Siempre que una fuerza actúa en un cuerpo durante un cierto intervalo de tiempo se dice que el cuerpo recibió un *impulso*.

Para definir el impulso, se considera una fuerza $\vec{F}$ que actúa en un cuerpo durante un intervalo de tiempo Δt.



El impulso $\vec{I}$ es igual al producto de la fuerza $\vec{F}$ en el intervalo de tiempo Δt.

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

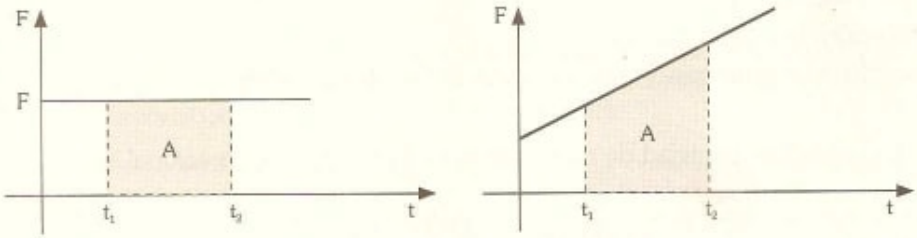
El impulso es una magnitud vectorial y, por lo tanto, tiene tres características:

- intensidad: $I = F \cdot \Delta t$;
- dirección: la misma que la fuerza $\vec{F}$;
- sentido: el mismo que $\vec{F}$, pues Δt es siempre positivo.

En el Sistema Internacional la unidad de medida es newton × segundo (N · s).

Propiedad

En el gráfico F × t, el área A (sombreada) es numéricamente igual a la intensidad del impulso de la fuerza $\vec{F}$, en el intervalo de tiempo de t_1 a t_2.



fuerza constante

fuerza variable

$$I = F \cdot (t_2 - t_1) \Rightarrow \boxed{I = A}$$

2 Cantidad de movimiento

En la naturaleza, un cuerpo en movimiento puede transmitir su movimiento, total o parcialmente, a otros cuerpos. Por ejemplo: el viento empuja un barco a vela; un jugador de billar empuja el taco que golpea a la bola blanca que, a su vez, golpea a la roja, transmitiendo velocidad a ésta.

La pregunta es la siguiente: ¿existen reglas que permitan calcular la velocidad, la dirección y el sentido del movimiento de un cuerpo al recibir un impulso de otro cuerpo?

Subido por Leazeel

Ciertamente existen, pues un jugador de fútbol, al chutar una pelota, sabe que la velocidad, la dirección y el sentido del movimiento que la pelota va adquirir depende del modo como se transmite el movimiento a ella.

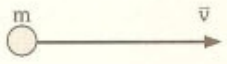
Para el efecto, se estudiará la magnitud física que mide el movimiento o la cantidad de movimiento de un cuerpo.

Para eso, se consideran los siguientes ejemplos:

- Es más fácil detener una bicicleta que un camión en movimiento, cuando poseen la misma velocidad, porque el camión tiene mayor masa que la bicicleta.
- Un proyectil disparado por un arma penetra con mayor profundidad en una madera que si fuese lanzado manualmente, porque posee mayor velocidad.

Estos ejemplos ilustran la necesidad de definir una nueva magnitud física que relaciona la *masa* de un cuerpo con su *velocidad*, para caracterizar el estado de movimiento de ese cuerpo. A esa magnitud física se denomina *cantidad de movimiento*.

Para definir la cantidad de movimiento, se considera un cuerpo de masa m y velocidad v.



La cantidad de movimiento $\vec{Q}$ es igual al producto de la masa m por la velocidad $\vec{v}$.

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

El vector cantidad de movimiento tiene tres características:

- intensidad: $Q = m \cdot v$;
- dirección: la misma que $\vec{v}$;
- sentido: el mismo que $\vec{v}$, pues la masa es siempre positiva.

La unidad de cantidad de movimiento en el Sistema Internacional es:

$$\text{kilogramo} \times \frac{\text{metro}}{\text{segundo}} \left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right).$$

Problema de Aplicación

Un cuerpo de 3kg de masa se halla en reposo sobre un plano horizontal liso. Se aplica a él una fuerza horizontal constante, que lo desplaza 10m en 5s.

a) Calcule la intensidad del impulso aplicado al cuerpo en ese tiempo.

b) Halle la cantidad de movimiento del cuerpo a los 4s.

Subido por Leazeel

Solución:

a) Datos: $\begin{cases} m = 3kg \\ v_0 = 0 \\ \Delta s = 10m \\ \Delta t = 5s \end{cases}$

La aceleración está dada por:

$$\Delta s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow 10 = 0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 5^2 \Rightarrow a = 0{,}8 m/s^2$$

La fuerza es:

$$F = m \cdot a \Rightarrow F = 3 \cdot 0{,}8 \Rightarrow F = 2{,}4N$$

El impulso es:

$$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow I = 2{,}4 \cdot 5 = 12Ns$$

b) La velocidad del cuerpo en el instante t = 4s es:

$$v = v_0 + at \Rightarrow v = 0 + 0{,}8 \cdot 4 \Rightarrow v = 3{,}2m/s$$

Luego:

$$Q = m \cdot v \Rightarrow Q = 3 \cdot 3{,}2 \Rightarrow Q = 9{,}6kg \cdot m/s$$

Respuesta: a) 12Ns b) 9,6kg · m/s

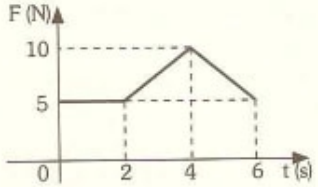
PROBLEMAS PROPUESTOS

348 Un cuerpo está sujeto a la acción de una fuerza $\vec{F}$ de 20N de módulo, durante 4s. ¿Cuál es el módulo del impulso comunicado al cuerpo?

349 Sobre un cuerpo de 2kg de masa inicialmente en reposo actúa una fuerza que varía con el tiempo de acuerdo con el gráfico.

a) ¿Cuál es el impulso de la fuerza entre los instantes 0 y 6s?

b) ¿Cuál es la aceleración media del cuerpo entre los instantes 0 y 6s?



350 Una fuerza constante es aplicada a un cuerpo de 5kg que se halla en reposo y se desplaza 2m en 4s.

a) Determine la aceleración adquirida por el cuerpo.

b) Calcule el módulo del impulso aplicado al cuerpo.

351 Un automóvil de 800kg se desplaza a una velocidad de 36km/h. Calcule el módulo de su cantidad de movimiento.

352 Una fuerza constante en módulo, dirección y sentido actúa sobre un cuerpo de 10kg de masa durante 2s. El cuerpo, inicialmente en reposo, se desliza sobre un plano horizontal sin rozamiento y alcanza una velocidad de 10m/s, al final de los 2s.

a) ¿Cuál es la intensidad de la fuerza que actuó sobre el cuerpo?

b) ¿Cuál es el módulo de la cantidad de movimiento al final de los 2s?

353 Una pelota de 2kg de masa es lanzada verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de 30m/s. Adopte $g = 10m/s^2$.

a) ¿Cuál es la cantidad de movimiento inicial de la pelota?

b) ¿Cuál es la cantidad de movimiento de la pelota al llegar a su altura máxima?

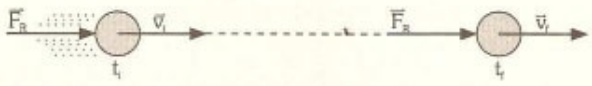
c) ¿Cuál es el módulo del impulso que detuvo la pelota?

Subido por Leazeel

3 Teorema del impulso

Impulso y cantidad de movimiento son conceptos que derivan del principio fundamental de la Dinámica y que se relacionan a través del *teorema del impulso.*

Considere un cuerpo de masa m que se halla sujeto a la acción de una fuerza resultante constante $\vec{F}_R$.



Por el principio fundamental de la Dinámica, se tiene:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{F}_R = m \cdot \left(\frac{\vec{v} - \vec{v}_i}{\Delta t} \right)$$

$$\underbrace{\vec{F}_R \cdot \Delta t}_{\vec{I}_{F_R}} = \underbrace{m \cdot \vec{v}_f}_{\vec{Q}_F} - \underbrace{m \cdot \vec{v}_i}_{\vec{Q}_i}$$

$$\vec{I}_{F_R} = \vec{Q}_F - \vec{Q}_i \quad \text{o} \quad \vec{I}_{F_R} = \Delta \vec{Q}$$

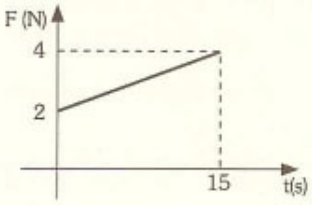
> Para un determinado intervalo de tiempo, el impulso de la fuerza resultante es igual a la variación de la cantidad de movimiento.

Problemas de Aplicación

1 La intensidad de una fuerza de dirección constante, que actúa en un cuerpo inicialmente en reposo, varía con el tiempo conforme al gráfico que se halla a la izquierda. Sabiendo que la masa del cuerpo es 4,5kg, determine:

a) la intensidad del impulso de esa fuerza de 0 a 15s;

b) la velocidad del cuerpo a los 15s.



Solución:

a) La intensidad del impulso es numéricamente igual al área del trapecio:

$$A = \frac{(B + b) \cdot h}{2} \Rightarrow I = \frac{(4 + 2) \cdot 15}{2} \Rightarrow I = 45Ns$$

b) Por el teorema del impulso:

$$\vec{I} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i \Rightarrow I = m \cdot v_f - m \cdot v_i \Rightarrow 45 = 4,5\, v_f - 4,5 \cdot 0$$

$$v_f = 10m/s$$

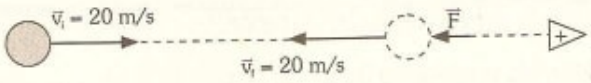
Respuesta: a) 45Ns b) 10m/s

2 En un juego de voleibol, al bloquear una mateada, un jugador devuelve la pelota al campo adversario con la misma velocidad que llegó a sus puños. La masa de la pelota es de 250g, su velocidad es de 20m/s y la duración del contacto es de 0,1s. ¿Cuál es la fuerza media que el jugador imprime a la pelota en el bloqueo?

Subido por Leazeel

Solución:

Esquema:



$$\vec{I} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$
$$F \cdot 0{,}1 = 0{,}25 \cdot (-20) - 0{,}25 \cdot 20$$
$$F = -100\text{N} \therefore |\vec{F}| = 100\text{N}$$

Observe que la fuerza $\vec{F}$ tiene sentido contrario al sentido positivo adoptado.

Respuesta: 100N

PROBLEMAS PROPUESTOS

354 Una fuerza constante de 5N de intensidad es la única que actúa sobre un cuerpo de masa m que parte del reposo y alcanza una velocidad de 5m/s a los 4s. Determine:
a) la intensidad de la variación de la cantidad de movimiento del cuerpo;
b) la masa del cuerpo.

355 Después de cobrar un penal, se chuta una pelota de 0,4kg de masa, con una velocidad de 24m/s. El tiempo de contacto entre el pie del jugador y la pelota es de 0,03s.
a) ¿Cuál es la cantidad de movimiento adquirida por la pelota?
b) ¿Cuál es la fuerza aplicada por el pie del jugador?

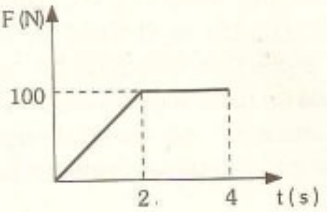
356 Un cuerpo de 10kg de masa se desplaza en línea recta en un plano horizontal sin rozamiento con una velocidad en módulo de 10m/s. Una fuerza constante en dirección y sentido iguales a la velocidad vectorial se aplica al cuerpo durante 4s, haciendo que el momento lineal del cuerpo aumente a 100kg · m/s. Determine el módulo de la fuerza.

357 Una bola de 0,5kg se aproxima a una pared con una velocidad de 10m/s y, después de un choque con la pared, retorna, en la misma dirección, sin alterar el módulo de su velocidad. Determine:
a) la cantidad de movimiento de la bola antes y después del choque;
b) el impulso recibido por la bola en la interacción con la pared.

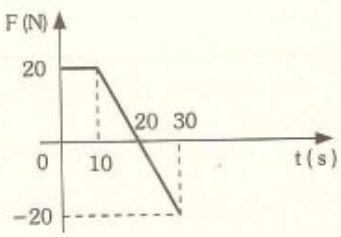
358 Un carrito de 2kg de masa se mueve a lo largo de un carril horizontal con una velocidad en módulo igual a 0,5m/s hasta chocar con un paragolpes fijo en la extremidad del carril. Suponiendo que el carrito vuelve con una velocidad en módulo igual a 0,2m/s y que el choque tenga una duración de 0,1s, ¿cuál es el valor absoluto de la fuerza media ejercida por el paragolpes sobre el carrito?

359 Una persona impulsa una moneda de 6g que se encuentra sobre una mesa horizontal. La moneda se desliza 0,4m y se detiene a los 0,5s. Calcule:
a) el valor de la cantidad de movimiento inicial de la moneda;
b) el coeficiente de rozamiento dinámico entre la moneda y la mesa.

360 Un cuerpo de 10kg de masa se mueve con una velocidad de 10m/s. En el instante t = 0s, sobre él actúa una fuerza F, cuya intensidad varía conforme a la figura. ¿Cuál será su velocidad en el instante t = 3s?



361 La intensidad de la fuerza que actúa sobre un cuerpo de 5kg de masa, haciéndolo recorrer una trayectoria rectilínea a partir del reposo, varía conforme al gráfico. Determine:
a) el impulso de la fuerza en los intervalos de tiempo: 0 a 10s, 10s a 20s y 0 a 30s;
b) la velocidad del cuerpo en el instante t = 10s;
c) la velocidad en el instante t = 20s.



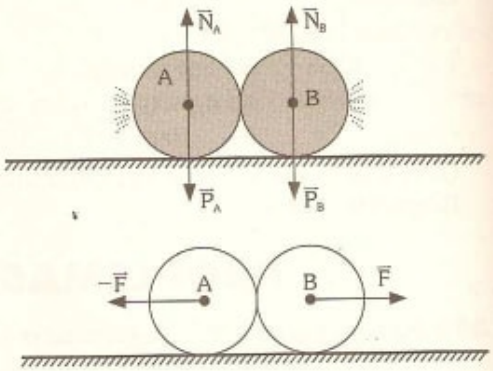
Subido por Leazeel

4 Sistema aislado de fuerzas

Considerando un sistema formado por dos cuerpos, A y B, que colisionan.

En el sistema, a las fuerzas provenientes de agentes externos se denomina *fuerzas externas*. Por ejemplo, el peso $\vec{P}$ y la normal $\vec{N}$. En el sistema aislado, la resultante de esas fuerzas externas es nula.

Durante la interacción, el cuerpo A ejerce una fuerza $\vec{F}$ en el cuerpo B y éste ejerce en el cuerpo A una fuerza $-\vec{F}$ igual pero con sentido contrario.



Las fuerzas $\vec{F}$ y $-\vec{F}$ corresponden al par de fuerzas de acción y reacción ejercidas mutuamente entre los cuerpos que constituyen el sistema. A dichas fuerzas se denomina *fuerzas internas*.

> Se denomina *sistema aislado de fuerzas externas* al sistema cuya resultante de esas fuerzas es nula, actuando en él solamente las fuerzas internas.

En la explosión de una bomba, que se divide en fragmentos, en el disparo de un proyectil por medio de un arma de fuego, cuando un hombre camina dentro de un pequeño barco, en el vuelo de aviones y cohetes que queman combustibles y expulsan gases a gran velocidad, en las colisiones entre cuerpos, los sistemas son considerados aislados de fuerzas externas, aun cuando no sea nula la resultante de dichas fuerzas. En estos casos se consideran despreciables las fuerzas externas en comparación con las fuerzas internas provenientes de las interacciones entre los componentes de cada sistema.

5 Principio de conservación de la cantidad de movimiento

Considerando un sistema aislado de fuerzas externas, las fuerzas externas son despreciables, es decir, su resultante es nula ($F_R = 0$).

En esas condiciones, por el teorema del impulso, se tiene:

$$\vec{I} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{F}_R \cdot \Delta t = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i \Rightarrow 0 = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i$$

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i$$

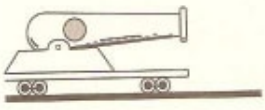
> La cantidad de movimiento de un sistema aislado de fuerzas externas es constante.

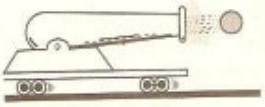
Este principio se aplica generalmente en las explosiones, disparos y choques, donde las fuerzas internas son más intensas que las externas.

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Un cañón de 800kg, montado sobre ruedas y sin estar frenado, dispara un proyectil de 6kg con una velocidad inicial de 500m/s. Determine la velocidad de retroceso del cañón.





Solución:

Datos: $\begin{cases} v_p = 500\text{m/s} \\ m_c = 800\text{kg} \\ m_p = 6\text{kg} \end{cases}$

El sistema de los cuerpos (cañón + proyectil) está aislado de fuerzas externas (P = N). Antes del disparo, el sistema se halla en reposo y por eso su cantidad de movimiento antes del disparo es nula. Por el principio de conservación de la cantidad de movimiento, el cañón debe retroceder en sentido contrario al movimiento del proyectil. Luego:

$$\overline{Q}_f = \overline{Q}_i \Rightarrow \overline{Q}_{proyectil} + \overline{Q}_{cañón} = \overline{Q}_i \Rightarrow m_p \cdot \overline{v}_p + m_c \cdot v_c = 0$$

$$6 \cdot 500 + 800 \cdot v_c = 0$$

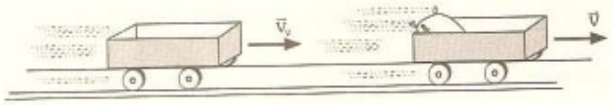
$$v_c = -3{,}75\text{m/s}$$

Por lo tanto, la velocidad de retroceso del cañón es 3,75m/s.

Observe que la cantidad de movimiento del proyectil, en módulo, es igual a la cantidad de movimiento del cañón.

Respuesta: La velocidad de retroceso del cañón tiene un módulo de 3,75m/s, dirección horizontal y sentido de derecha a izquierda.

2 Un vagón pequeño, de 90kg de masa, se desliza a una velocidad de 10m/s sobre un carril horizontal. En un determinado instante cae de una cinta transportadora, verticalmente sobre el vagón, una bolsa de arena de 60kg. Determine la velocidad del vagón cargado.



Solución:

Datos: $\begin{cases} m_v = 90\text{kg} \\ m_s = 60\text{kg} \\ v_v = 10\text{m/s} \\ v_s = 0 \end{cases}$

Por el principio de conservación de la cantidad de movimiento:

$$\overline{Q}_{inicial} = \overline{Q}_{final} \Rightarrow m_v \cdot \overline{v}_v + m_s \cdot \overline{v}_s = (m_v + m_s) \cdot \overline{v}$$

$$90 \cdot 10 + 60 \cdot 0 = (90 + 60) \cdot v \Rightarrow v = 6\text{m/s}$$

Respuesta: 6m/s

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

362 En un trecho horizontal y recto de una carretera, un cañón montado sobre una plataforma está en posición horizontal y con su eje longitudinal paralelo a la dirección de la carretera. La masa del conjunto plataforma-cañón es de 10t. En un determinado instante, el cañón dispara un proyectil de 10kg con una velocidad de 720km/h. ¿Cuál es la velocidad de retroceso de la plataforma?

363 Un fusil de 2kg de masa, inicialmente en reposo, dispara en la horizontal una bala de 0,05kg con una velocidad de 400m/s. El arma apoyada en el hombro del tirador lo empuja, desplazándose durante 0,50s hasta detenerse. Calcule:

a) la velocidad inicial de retroceso del arma, despreciando la reacción inicial del hombro;

b) el módulo de la fuerza horizontal ejercida por el hombro sobre el arma, suponiéndola constante.

364 En una pista de hielo, un niño de 30kg de masa con sus patines da un empujón a un hombre de masa m, que también está con sus patines. Si la velocidad adquirida por el hombre es la tercera parte de la velocidad adquirida por el niño, calcule el valor de m.

365 Un proyectil de 50g de masa, animado con una velocidad de 700m/s, alcanza un bloque de madera de 450g de masa, inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal lisa y sin rozamiento. La bala se aloja en el bloque después del impacto. ¿Cuál es la velocidad final adquirida por el conjunto?

366 Una aeronave de masa m viaja en el espacio con una velocidad v_0. En un determinado instante, ella se parte en dos partes iguales que continúan viajando en la misma dirección de la aeronave antes del accidente. Si la velocidad de una de las partes es el doble de la velocidad de la otra, ¿cuáles son los módulos de las velocidades finales?

367 Dos carritos iguales, de 1kg de masa cada uno, están unidos por medio de un cordel y se mueven con una velocidad de 3m/s. Entre los carritos hay un resorte comprimido cuya masa puede ser despreciada. En un determinado instante, el cordel se suelta, el resorte se desprende y uno de los carritos se detiene inmediatamente.

a) ¿Cuál es la cantidad de movimiento inicial del conjunto?

b) ¿Cuál es la velocidad del carrito que continúa en movimiento?

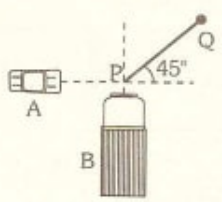
368 Dos bloques, A y B, de 1kg y 2kg de masa, respectivamente, están en reposo sobre un plano horizontal con rozamiento despreciable. Entre los bloques hay un resorte comprimido, y un hilo entre A y B que impide que se separen uno de otro. Al soltarse el hilo, los bloques se desplazan en sentidos contrarios. Determine la distancia recorrida por el bloque B sabiendo que el bloque A recorre 10cm.

369 Una bomba tiene una velocidad $\vec{v}$ en el instante en que explota y se divide en dos fragmentos, uno de masa M y otro de masa 2M. La velocidad del menor fragmento después de la explosión es igual a $5\vec{v}$. Despreciando la acción de la gravedad y la resistencia del aire, ¿cuál es la velocidad del fragmento mayor?

370 Una joven de 50kg de masa está parada con sus patines en el centro de una pista circular de 14m de radio, cuando un patinador de 70kg de masa viene a su encuentro, con una velocidad de 6m/s, y la abraza, siguiendo con ella en la misma dirección. ¿Después de cuánto tiempo, a partir del encuentro, el par alcanza el borde de la pista?

371 Un individuo de 80kg intenta atraer para sí un objeto que se halla a 40m por medio de una cuerda que se considera inextensible. Ambos se hallan en una superficie horizontal y perfectamente pulida. Habiendo dado un rápido estirón a la cuerda, el individuo y el objeto se deslizan el uno hacia el otro hasta que se encuentran en un punto situado a 10m de la posición inicial del objeto. Determine la masa del objeto.

372 Un automóvil A fue arrollado por un camión B de masa igual a la triple de la suya. El camión se desplazaba con una velocidad de 36km/h. Después del choque, que ocurrió en el punto P, los dos vehículos unidos se desplazaron en línea recta hasta el punto Q. El conductor del automóvil declaró que su velocidad, en el instante del choque, era inferior a la máxima permitida, que es de 80km/h. ¿Esta declaración es falsa o verdadera? Explique.



Subido por Leazeel

Unidad IV
Estática

Capítulo **1**

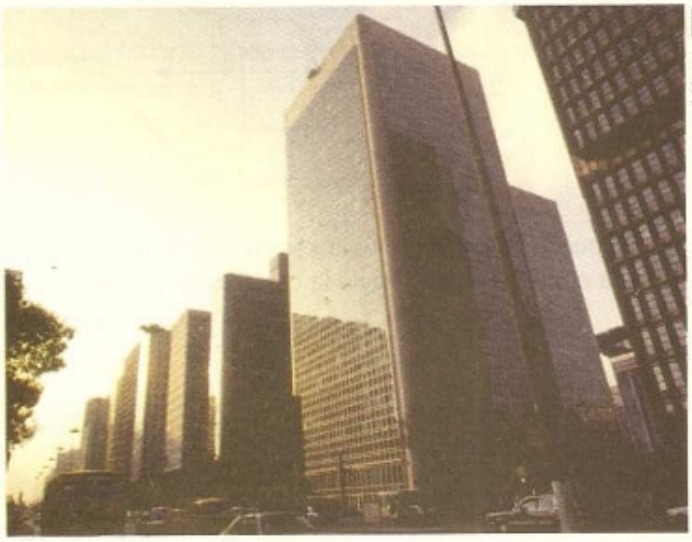
Equilibrio de un punto material

1 Teoría, sus creadores, su práctica

En esta unidad se considerarán las condiciones según las cuales los cuerpos en la naturaleza se pueden mantener continuamente en reposo o en movimiento uniforme. A tal estado se denomina equilibrio y el estudio de las fuerzas y momentos necesarios para mantenerlo pertenece a la Estática.

Algunas de las leyes de la Estática fueron establecidas por Arquímedes (287 a.C.–212 a.C.), matemático y, además, notable físico. Era el único de su tiempo en conocer profundamente los principios de la palanca y de las roldanas. Es célebre su frase: "Denme un punto de apoyo y moveré el mundo".

La Estática es de interés relevante en el cálculo de grandes estructuras, tales como puentes y edificios, donde la ausencia de rotación y traslación son condiciones necesarias y suficientes para mantenerlos en equilibrio.



Manoel Nogues/FTD

Esta ciencia ilustra y justifica la diferencia entre intentar cerrar una puerta aplicando la fuerza próxima a las bisagras o distante de ellas, o aplicar la fuerza al punto más distante o más próximo al eje de rotación de una llave de boca, cuando se desea retirar la tuerca de un tornillo.

Subido por Leazeel

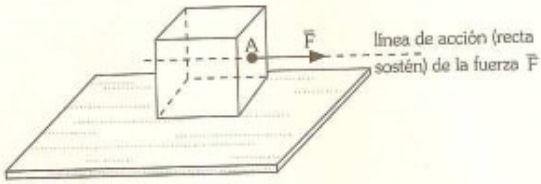
Manoel Novaes/FTD

Con los conocimientos de la Estática el hombre consiguió levantar y trasladar pesos hacia arriba mediante su capacidad muscular, creando las llamadas máquinas simples, como la palanca, el plano inclinado y las poleas. Es más: ciertas herramientas, por ejemplo, el martillo, se hacen de forma que el hombre consiga obtener mejores resultados con menores esfuerzos; algunos instrumentos, como la balanza de platos, tienen su principio de funcionamiento en los fundamentos de la Estática.

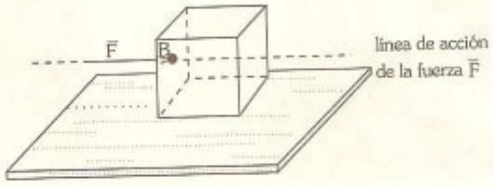
Si se piensa en el sube y baja, en la tijera, en las roldanas, cómo funcionan y por qué todo eso, la Estática ayudará a entender esas cuestiones.

2 Principio de traslación de fuerzas

Si se estira un cuerpo de forma cúbica con una fuerza $\vec{F}$ en el punto A, centro de la cara lateral derecha del cuerpo.

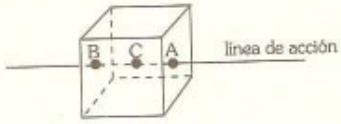


Se puede también empujar ese cuerpo, pasando el punto de aplicación de la fuerza $\vec{F}$ hacia el punto B, centro de la cara lateral izquierda.



En los dos casos, el efecto de la fuerza $\vec{F}$ sobre el cuerpo es el mismo.

Esto siempre ocurrirá si el punto de aplicación de la fuerza sobre el cuerpo estuviera en la línea de acción de esa fuerza.



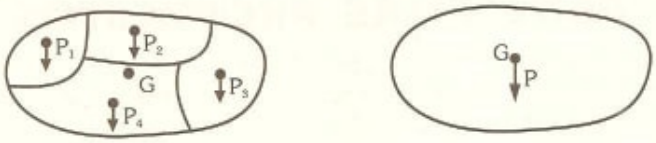
Subido por Leazeel

El efecto de la fuerza $\vec{F}$ sobre el cuerpo es el mismo si ella es aplicada a los puntos A, B o C de su línea de acción.

> El efecto de una fuerza sobre un cuerpo no se altera cuando se desplaza su punto de aplicación a lo largo de su línea de acción.

3 Centro de gravedad

Se puede considerar los cuerpos materiales como un sistema de partículas, cada una de las cuales es atraída por la Tierra con una fuerza igual al peso de la partícula.



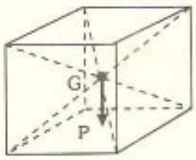
La resultante total de todas esas fuerzas parciales es el peso total del cuerpo.

Sea G el punto en el cual se puede considerar que se aplica el peso total de ese cuerpo. El punto G se denomina *centro de gravedad* del cuerpo.

> Centro de gravedad de un cuerpo es el punto de aplicación de la fuerza peso.

La Tierra atrae al cuerpo como si toda su masa estuviese localizada en el centro de gravedad.

Para cuerpos homogéneos, esto es, de masa uniformemente distribuida, que admiten un eje de simetría, sus centros de gravedad están sobre ese eje.

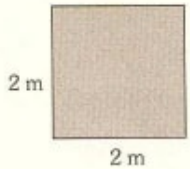


En un cuerpo homogéneo de forma cúbica, el centro de gravedad es el punto de intersección de las diagonales.

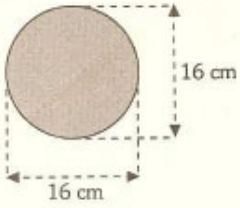
Problema de Aplicación

Determine las coordenadas del centro de gravedad de los cuerpos homogéneos y de espesores despreciables que se indican en las figuras.

a)



b)

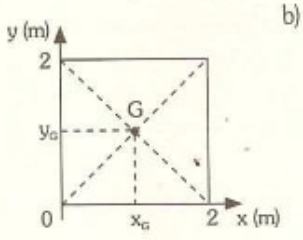


Subido por Leazeel

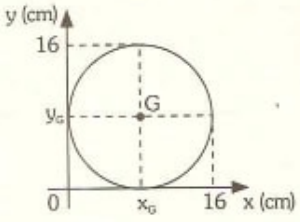
Solución:

Estableciendo los ejes x e y, se tiene:

a)



b)



$x_G = 1m$
$y_G = 1m$ $\Rightarrow$ G (1m, 1m)

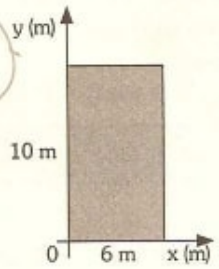
$x_G = 8cm$
$y_G = 8cm$ $\Rightarrow$ G (8cm, 8cm)

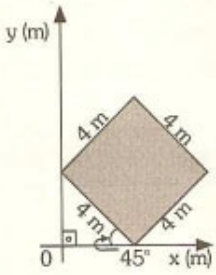
Respuesta: a) G (1m, 1m) b) G (8cm, 8cm)

PROBLEMAS PROPUESTOS

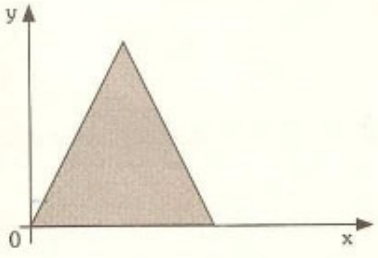
373 Halle las coordenadas del centro de gravedad de los cuerpos homogéneos, cuyos espesores son despreciables, que se indican en las figuras.

a) b)





374 Calcule las coordenadas del centro de gravedad de la chapa triangular equilátera y de espesor despreciable que se indica en la figura. El lado del triángulo mide $40\sqrt{3}$ cm.



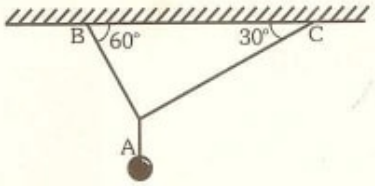
4 Equilibrio estático de un punto material

Para que un punto material se encuentre en *equilibrio estático* es necesario y suficiente que la resultante de todas las fuerzas que en él actúan sea nula.

punto material en equilibrio $\Rightarrow R = 0$

Problema de Aplicación

Un cuerpo de 80N de peso se mantiene en equilibrio mediante hilos ideales, conforme indica la figura.



Determine las intensidades de las tracciones soportadas por los hilos AB y AC.

Subido por Leazeel

Solución:

Descomponiendo las fuerzas en sus componentes, en los ejes x e y, se tiene:

• Componentes en x

$$T_{1x} = T_1 \cdot \cos 30^\circ = T_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}\,T_1}{2} \text{ N}$$

$$T_{2x} = T_2 \cdot \cos 60^\circ = T_2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{T_2}{2} \text{ N}$$

$$P_x = P \cdot \cos 90^\circ = P \cdot 0 = 0$$

• Componentes en y

$$T_{1y} = T_1 \cdot \operatorname{sen} 30^\circ = T_1 \cdot \frac{1}{2} = \frac{T_1}{2} \text{ N}$$

$$T_{2y} = T_2 \cdot \operatorname{sen} 60^\circ = T_2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}\,T_2}{2} \text{ N}$$

$$P_y = P \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = P \cdot 1 \Rightarrow P_y = 80\text{N}$$

• Cálculo de R_x

$$R_x = T_{1x} - T_{2x}$$

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{2} T_1 - \frac{T_2}{2}$$

• Cálculo de R_y

$$R_y = T_{1y} + T_{2y} - P_y$$

$$R_y = \frac{T_1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} T_2 - 80$$

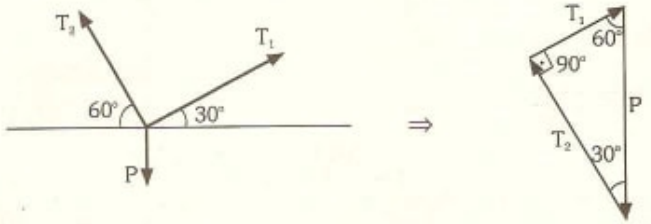
Como el punto A_2 está en equilibrio, se tiene:

$$R_x = 0 \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} T_1 - \frac{T_2}{2} = 0 \quad ①$$

$$R_y = 0 \Rightarrow \frac{T_1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} T_2 - 80 = 0 \quad ②$$

Resolviendo el sistema, se obtienen $T_1 = 40\text{N}$ y $T_2 = 40\sqrt{3}\text{N}$.

Se puede resolver el ejemplo de una manera más simple utilizando la ley de los senos. Para el efecto se deben desplazar algunas de esas fuerzas manteniendo sus direcciones para construir un polígono cerrado.



$$\frac{\operatorname{sen} 90^\circ}{P} = \frac{\operatorname{sen} 60^\circ}{T_2} = \frac{\operatorname{sen} 30^\circ}{T_1} \Rightarrow \frac{1}{80} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{T_2} = \frac{\frac{1}{2}}{T_1} \Rightarrow \frac{1}{80} = \frac{\frac{1}{2}}{T_1} = T_1 = 40\text{N}$$

$$\frac{1}{80} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{T_2} \Rightarrow T_2 = 40\sqrt{3}\text{N}$$

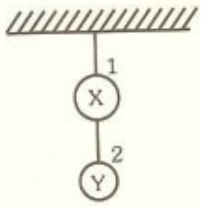
Este método sólo se puede aplicar cuando se tienen tres fuerzas.

Respuesta: $T_1 = 40\text{N}$ y $T_2 = 40\sqrt{3}\text{N}$

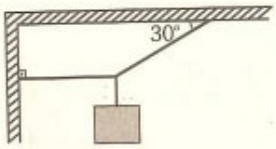
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

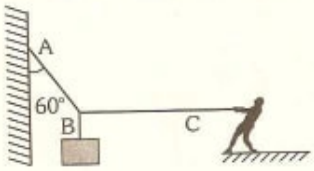
375 El esquema representa dos cuerpos X e Y de pesos iguales a 30N y 20N, respectivamente, suspendidos por hilos, 1 y 2, ideales.
Calcule la intensidad de la tracción en los hilos 1 y 2.



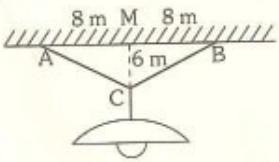
376 Un cuerpo de 400N de peso se halla en equilibrio, como se ilustra en la figura. Determine la intensidad de las fuerzas tensoras en las cuerdas, supuestas de pesos despreciables.



377 Un bloque de peso P = 80N está suspendido por hilos, como indica la figura.
a) ¿Cuál es la intensidad de la tracción que se ejerce en el hilo AB?
b) ¿Cuál es la intensidad de la tracción que se ejerce en el hilo horizontal BC?

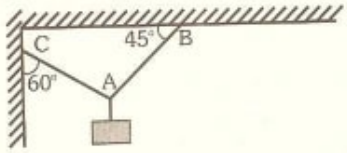


378 En un gimnasio hay dos puntos fijos, A y B, de los cuales se suspende una lámpara de 600N de peso, mediante los hilos AC y BC, como se indica en la figura.

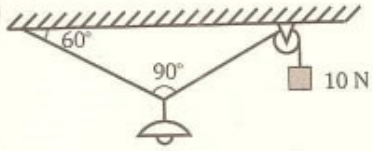


Determine la intensidad de la fuerza de tracción en cada hilo.

379 Calcule la fuerza en cada uno de los hilos flexibles AB y AC, sabiendo que el peso del cuerpo colgado es de 26N. Considere sen 45° = cos 45° = 0,7 y cos 30° = 0,8.



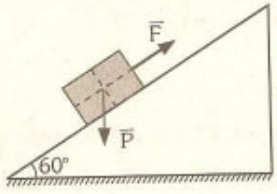
380 La posición de una lámpara se puede ajustar con la ayuda de un contrapeso, como se indica en el esquema.



Para la situación representada, el contrapeso es de 10N. ¿Cuál es el peso de la lámpara?

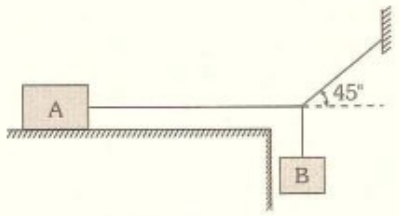
381 El hombre que se indica en la figura posee 70kg de masa y se halla en equilibrio. Sabiendo que él se halla en una posición horizontal, que su peso actúa en el punto A y que cos 30° = 0,8, calcule:
a) la fuerza tensora en el hilo;
b) la reacción opuesta por la pared a los pies del hombre.

382 Un cuerpo de 200N de peso se halla en equilibrio sobre un plano inclinado bajo la acción de una fuerza $\vec{F}$ paralela al plano. Despreciando los rozamientos, calcule:
a) la intensidad de $\vec{F}$;
b) la intensidad de la fuerza normal que el cuerpo ejerce sobre el plano inclinado.

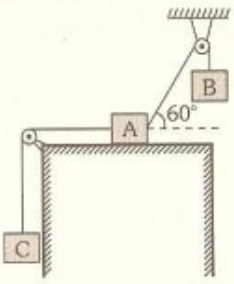


Subido por Leazeel

383 El bloque A de la figura pesa 100N. El bloque B pesa 20N y el sistema se halla en equilibrio. ¿Cuál es la intensidad de la fuerza de rozamiento ejercida sobre el bloque A?



384 Un bloque A de 10kg se encuentra en reposo sobre un plano horizontal liso, como se indica en la figura de al lado. Considerando que las poleas y los hilos son ideales y $g = 10 m/s^2$, y sabiendo que la masa del bloque C que equilibra el sistema es de 2kg, calcule la masa del bloque B.



Capítulo **2**

Equilibrio de un cuerpo rígido

1 Momento de una fuerza

Es más fácil abrir una puerta cuando se aplica la fuerza a un punto más distante del eje de rotación.

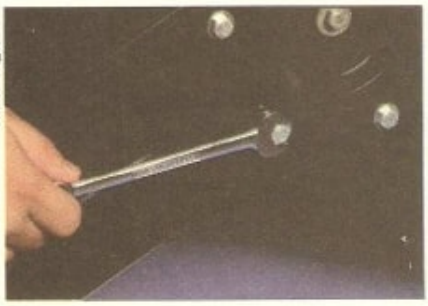
Nelson Toledo/FTD

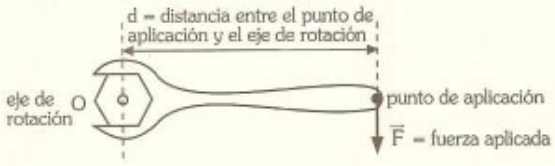
Nelson Toledo/FTD

Por lo tanto, hay una relación entre la fuerza aplicada y la distancia del punto de aplicación al eje de rotación.

La magnitud física que relaciona esa distancia con la fuerza aplicada se denomina *momento*.

Para la definición de momento, se considera la fuerza $\vec{F}$ aplicada a una llave encajada en la tuerca de un tornillo fijo a un soporte.


Thales Trigo/FTD



Subido por Leazeel

Bajo la acción de la fuerza $\vec{F}$ la llave gira alrededor del punto O. El momento de la fuerza $\vec{F}$ en relación al punto O está dado por:

$$\vec{M}_{F,O} = \vec{F} \cdot d$$

Donde:

d = brazo del momento;

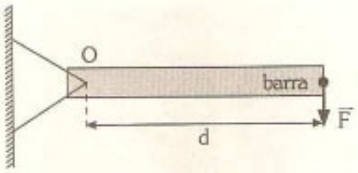
O = polo del momento.

La unidad de momento en el Sistema Internacional es el N · m o Nm.

> Momento de una fuerza $\vec{F}$, en relación al punto fijo O, es el producto de la intensidad de la fuerza $\vec{F}$ por la distancia d del punto a la recta sostén de la fuerza.

Observaciones:

1ª) El momento de una fuerza tiende siempre a causar un movimiento de rotación, bajo la acción de esta fuerza alrededor del punto O considerado.



2ª) El momento de una fuerza $\vec{F}$ en relación a un punto O puede ser negativo o positivo. La convención de signos es arbitraria y se adoptará la siguiente:

- rotación en el sentido antihorario ⇒ *momento positivo*.
- rotación en el sentido horario ⇒ *momento negativo*.

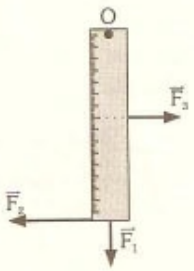
Problema de Aplicación

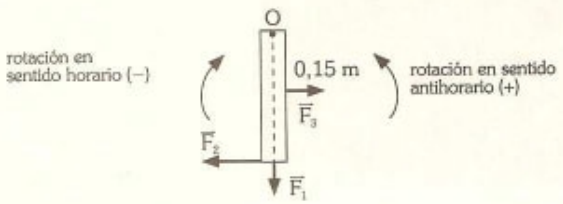
Una regla de 30cm de longitud se fija en una pared en el punto O, como se indica en la figura de al lado, alrededor del cual ella puede girar.

Calcule los momentos de las fuerzas $F_1 = 50N$, $F_2 = 60N$ y $F_3 = 40N$, en relación al punto O.

Solución:

Esquema





Subido por Leazeel

El momento de $\vec{F}_1$ en relación a O es nulo, pues la distancia del punto O hasta la línea de acción de $\vec{F}_1$ es nula.

$M_{F_1,O} = 0$

Las distancias de $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_3$ hasta el punto O son respectivamente iguales a 30cm (= 0,3m) y 15cm (= 0,15m). Luego:

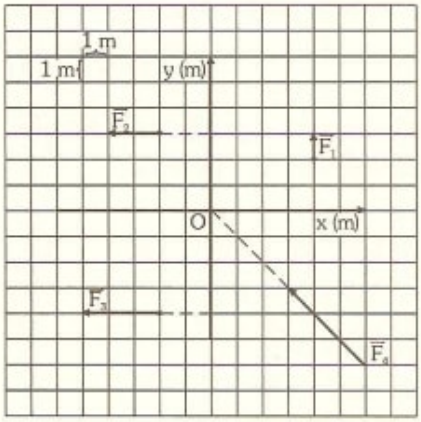
$M_{F_2,O} = -F_2 \cdot d = -60 \cdot 0{,}3 = -18\text{Nm}$

$M_{F_3,O} = F_3 \cdot d = 40 \cdot 0{,}15 = 6\text{Nm}$

Respuesta: $M_{F_1,O} = 0$, $M_{F_2,O} = -18\text{Nm}$ y $M_{F_3,O} = 6\text{Nm}$

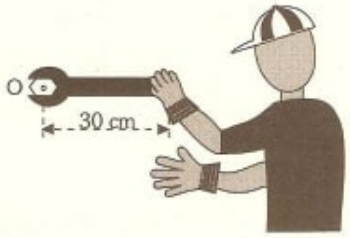
PROBLEMAS PROPUESTOS

385 En la figura, $F_1 = 1\text{N}$, $F_2 = 2\text{N}$, $F_3 = 3\text{N}$ y $F_4 = 4\text{N}$.

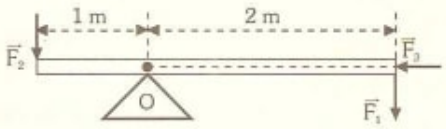


Calcule el momento de cada una de esas fuerzas en relación al origen del plano cartesiano.

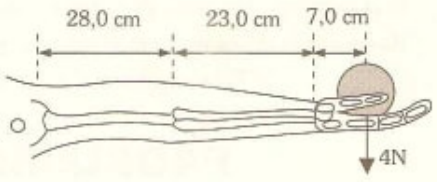
386 El niño que se indica en la figura aplica una fuerza $\vec{F}$ vertical hacia abajo, de 20N de intensidad, en una llave dispuesta horizontalmente para girar un tornillo. Calcule el momento de esa fuerza en relación al punto O.



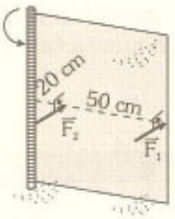
387 Determine el momento de las fuerzas $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_3$ de intensidades iguales, respectivamente, a 5N, 6N y 8N, en relación al punto O.



388 La figura indica la posición de un brazo humano que tiene en la palma de la mano una esfera de 4N. Calcule el momento de esa fuerza en relación al punto O.



389 Calcule el momento de las fuerzas $F_1 = 10\text{N}$ y $F_2 = 20\text{N}$ en relación al *eje* que pasa por las bisagras.



Subido por Leazeel

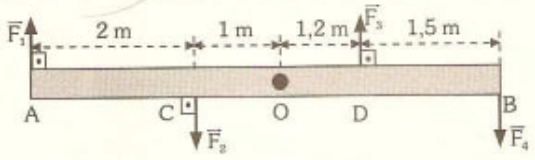
2 Momento resultante

Si un cuerpo está bajo la acción de varias fuerzas, el momento resultante de ese sistema de fuerzas en relación a un punto es la suma algebraica de los momentos de las fuerzas componentes en relación al mismo punto.

Problema de Aplicación

Se consideran las fuerzas actuantes sobre la barra AB, de peso despreciable, indicadas en la figura.

Siendo $\begin{cases} F_1 = 8N \\ F_2 = 6N \\ F_3 = 10N \\ F_4 = 20N \end{cases}$



Determine:

a) el momento de cada una de las fuerzas en relación al punto O;

b) el momento resultante en relación al punto O.

Solución:

a) $M_{F_1,O} = -F_1 \cdot \overline{AO} = -8 \cdot 3 = -24Nm$

$M_{F_2,O} = +F_2 \cdot \overline{CO} = 6 \cdot 1 = 6Nm$

$M_{F_3,O} = +F_3 \cdot \overline{OD} = 10 \cdot 1{,}2 = 12Nm$

$M_{F_4,O} = -F_4 \cdot \overline{OB} = -20 \cdot 2{,}7 = -54Nm$

b) $\Sigma_O M = M_{F_1,O} + M_{F_2,O} + M_{F_3,O} + M_{F_4,O}$

$\Sigma_O M = -24 + 6 + 12 - 54$

$\Sigma_O M = -60Nm$

Si el momento resultante es negativo, esto significa que la barra gira en sentido horario.

Respuesta: a) Los momentos parciales son −24Nm, 6Nm, 12Nm y −54Nm.

b) El momento resultante es −60Nm.

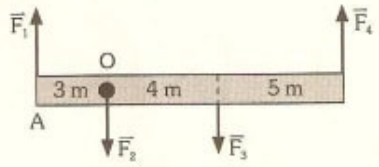
PROBLEMAS PROPUESTOS

390 Una barra de peso despreciable está bajo la acción de fuerzas, como indica la figura. Siendo $F_1 = 10N$, $F_2 = 8N$, $F_3 = 6N$ y $F_4 = 4N$, determine:

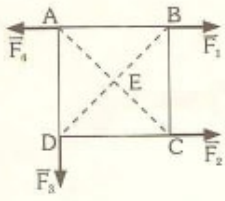
a) el momento de cada fuerza en relación al punto O;

b) el momento resultante en relación a O;

c) el sentido en que la barra gira.



391 Sobre los vértices de un cuerpo cuadrado de 20cm de lado actúan las fuerzas indicadas en la figura.



Siendo $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 10N$, calcule:

a) el momento resultante en relación al punto A;

b) el momento resultante en relación al punto E.

Subido por Leazeel

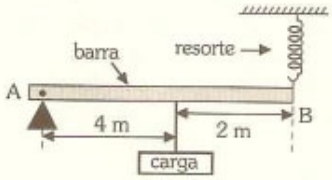
3 Equilibrio estático de un cuerpo rígido

Las condiciones necesarias y suficientes para que un cuerpo rígido, de dimensiones no despreciables, se mantenga en equilibrio estático son:

CONDICIONES	1ª	La resultante de todas las fuerzas que en él actúan es nula.	$R = 0 \Rightarrow \begin{cases} R_x = 0 \\ \text{y} \\ R_y = 0 \end{cases}$	Esta condición hace que el cuerpo no tenga movimiento de traslación.
	2ª	La suma algebraica de los momentos de todas las fuerzas que en él actúan en relación a un mismo punto es nula.	$\Sigma M = 0$	Esta condición hace que el cuerpo no tenga movimiento de rotación.

Problema de Aplicación

La barra AB de la figura tiene 1 000N de peso y está en equilibrio, horizontalmente, conforme indica la figura.

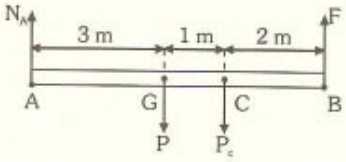


Sabiendo que la deformación del resorte es de 20cm y el peso de la carga colgada es de 2 250N, calcule:

a) la reacción de apoyo en A; b) la constante elástica del resorte.

Solución:

a) Aislándose las fuerzas de la figura:



Como la barra está en equilibrio, y tomando el punto A como polo de los momentos, se tiene:

1ª condición:

$$R = 0 \Rightarrow N_A + F = P + P_C \Rightarrow N_A + F = 3\,250 \quad (1)$$

2ª condición:

$$\Sigma_A M = 0 \Rightarrow \overline{M}_{N_A, A} + \overline{M}_{P, A} + \overline{M}_{P_C, A} + \overline{M}_{F, A} = 0$$

$$0 - P \cdot \overline{AG} - P_C \cdot \overline{AC} + F \cdot \overline{AB} = 0$$

$$-1\,000 \cdot 3 - 2\,250 \cdot 4 + F \cdot 6 = 0$$

$$F = 2\,000\text{N}$$

Sustituyéndose en (1), se obtiene:

$$N_A + 2\,000 = 3\,250 \Rightarrow N_A = 1\,250\text{N}$$

b) Utilizando la ley de Hooke, se tiene:

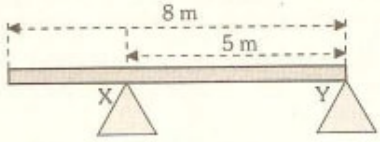
$$F = kx \Rightarrow 2\,000 = k \cdot 20 \Rightarrow k = 100\text{N/cm}$$

Respuesta: a) 1 250N b) 100N/cm

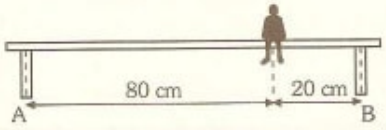
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

392 La viga homogénea de 80N de peso indicada en la figura está en equilibrio y apoyada en los puntos X e Y. Calcule las reacciones en los apoyos.

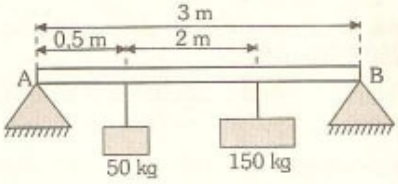


393 Un niño de 30kg de masa está sentado en un banco, en la posición indicada en la figura.

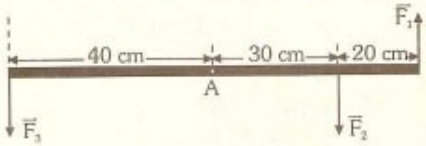


Despreciando al peso del asiento del banco y considerando $g = 10m/s^2$, determine la intensidad de las fuerzas provocadas en los apoyos A y B.

394 La barra AB es uniforme y tiene masa igual a 100kg. Ella está apoyada en sus extremos y soporta las masas ilustradas en la figura. Adoptando $g = 9,8m/s^2$, determine las reacciones en los apoyos A y B.

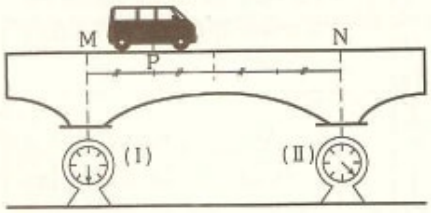


395 La barra de la figura tiene peso despreciable, se sostiene en A y está en equilibrio.

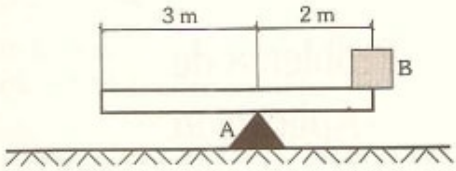


Calcule la intensidad de $\vec{F}_1$ sabiendo que $F_2 = 12N$ y $F_3 = 6N$.

396 Un modelo (maqueta) de un puente hecho de un material homogéneo (madera prensada, por ejemplo) reposa sobre dos balanzas. Un automóvil de juguete transita sobre el puente con una velocidad constante. En el instante en que el automóvil pasa por P, tal que $MP = \frac{1}{4} MN$, la balanza I indica 16N y la balanza II, 12N. Determine los pesos del modelo del puente y del automóvil.



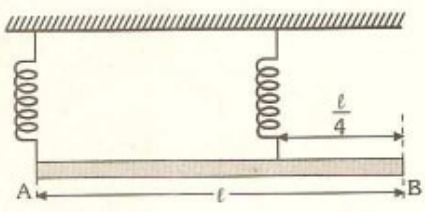
397 La figura representa un poste homogéneo de masa total igual a 50kg apoyado sobre el soporte A.



a) Determine la masa del bloque B, de dimensiones despreciables, que se debe colocar en el extremo derecho para que el sistema quede en equilibrio, permaneciendo el poste en la posición horizontal.

b) Calcule la fuerza que el soporte ejerce sobre el poste en las condiciones del ítem anterior. Considere $g = 10m/s^2$.

398 La barra de la figura está sostenida por dos resortes, uno de constante elástica k_1, puesto en el extremo A, y otro de constante elástica k_2, colocado a una distancia $\frac{\ell}{4}$ del extremo B.

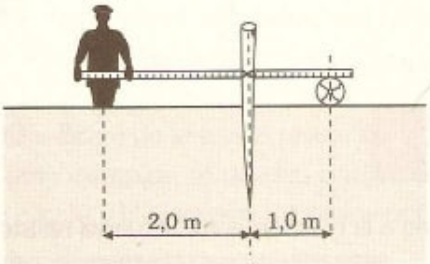


Sabiendo que el peso de la barra es de 30N, calcule k_1 y k_2 de modo que ambos resortes tengan un alargamiento de 4cm.

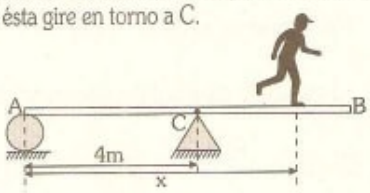
Subido por Leazeel

399 Un hombre y un niño se proponen transportar un pedazo de madera de 9m de longitud y 500N de peso, cuyo centro de gravedad está situado a 2m de uno de los extremos. Si el hombre se coloca en el extremo más próximo al centro de gravedad, determine la posición que el niño deberá ocupar, a contar del otro extremo, para que realice un tercio de la fuerza del hombre.

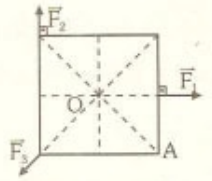
400 Para sacar una estaca del suelo, se la debe estirar con una fuerza de 1 500N, verticalmente. Determine la fuerza mínima que el hombre debe hacer para sacar la estaca, usando la composición indicada en la figura.



401 La barra homogénea AB de la figura tiene 6m de longitud y pesa 1 000N. Hay un punto fijo C en el cual la barra está articulada sin rozamiento. La barra se apoya en el extremo A. Determine la máxima distancia x que un hombre que pesa 800N puede recorrer sobre la barra partiendo de A, sin que ésta gire en torno a C.



402 La placa cuadrada de 40cm de lado de la figura puede girar en torno al punto A.



Sabiendo que $F_1 = 20N$ y $F_3 = 10N$, calcule la intensidad de $\vec{F}_2$, de modo que la placa esté en equilibrio de rotación. Use $\sqrt{2} = 1,4$.

4 Máquinas simples

El hombre, con sus descubrimientos y creaciones, lentamente comenzó a comprender la naturaleza y aprendió a controlarla y aprovecharla.

Para levantar y trasladar grandes pesos superando su capacidad muscular, el hombre creó instrumentos que facilitan su acción, aumentando la fuerza aplicada.

Esos instrumentos son llamados *máquinas simples*.

Se pueden citar como ejemplos: alicates, pinzas, destornilladores, sacacorchos, grifos, poleas, etc.

Algunas tareas, tales como cambiar el neumático del automóvil o quitar un tornillo, serían difíciles de realizar si no se tuviesen esas herramientas para aumentar la fuerza.

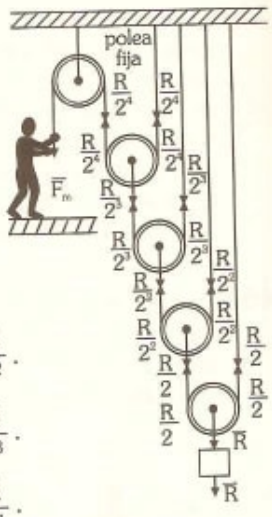
Las máquinas simples más comunes son el aparejo exponencial y la palanca.

Nelson Toledo/FTD

Subido por Leazeel

a) Aparejo exponencial

Consiste en una asociación de poleas móviles con una sola polea fija, como indica la figura.



F_m = fuerza motriz

R = fuerza resistente

Para que el aparejo permanezca en equilibrio, se tiene:

El peso R es equilibrado por dos fuerzas de intensidad $\frac{R}{2}$.

El peso $\frac{R}{2}$ es equilibrado por dos fuerzas de intensidad $\frac{R}{2^2}$.

El peso $\frac{R}{2^2}$ es equilibrado por dos fuerzas de intensidad $\frac{R}{2^3}$.

El peso $\frac{R}{2^3}$ es equilibrado por dos fuerzas de intensidad $\frac{R}{2^4}$.

Si se tienen n poleas móviles, la fuerza motriz será:

$$F_m = \frac{R}{2^n}$$

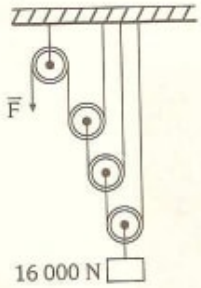
Se denomina *ventaja mecánica* del aparejo a la relación entre la fuerza resistente y la fuerza motriz.

$$\text{Ventaja mecánica} = \frac{R}{F_m}$$

En este ejemplo, si R = 3 200N, la fuerza que la persona debería ejercer para equilibrar el sistema sería F_m = 200N, es decir, dieciséis veces menos que el peso R. Luego, la ventaja mecánica de esa máquina sería igual a 16.

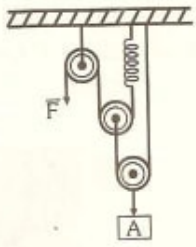
PROBLEMAS PROPUESTOS

403 El cuerpo de 16 000N de peso indicado en la figura está en equilibrio estático.



Determine la intensidad de $\vec{F}$ y la ventaja mecánica del aparejo.

404 El sistema indicado en la figura está en equilibrio. Los hilos y las poleas son ideales.



La constante elástica del resorte es igual a 40N/cm y F = 100N.

a) ¿Cuál es el valor del peso del cuerpo A?

b) ¿Cuál es la deformación sufrida por el resorte?

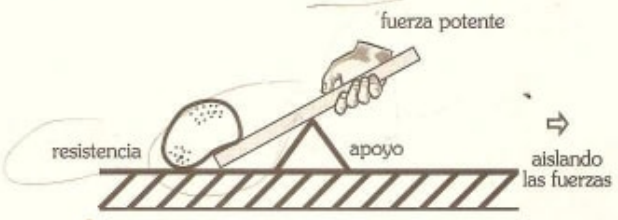
405 Un peso de 5 120N debe equilibrarse por medio de un aparejo exponencial. Determine el número de poleas móviles de ese aparejo, sabiendo que la fuerza motriz tiene una intensidad de 10N.

Subido por Leazeel

b) Palanca

Es una barra que puede girar alrededor de un punto de apoyo. Existen tres tipos de palanca, que se verán a continuación.

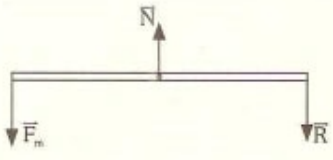
• Palanca interfija (1º género)

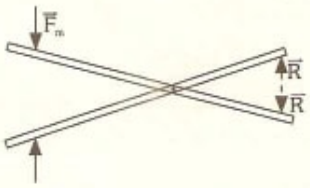


$\vec{F}_m$ = fuerza motriz o fuerza potente
$\vec{R}$ = fuerza resistente o resistencia
$\vec{N}$ = fuerza normal de apoyo
AO = brazo de la fuerza motriz
OB = brazo de la fuerza resistente

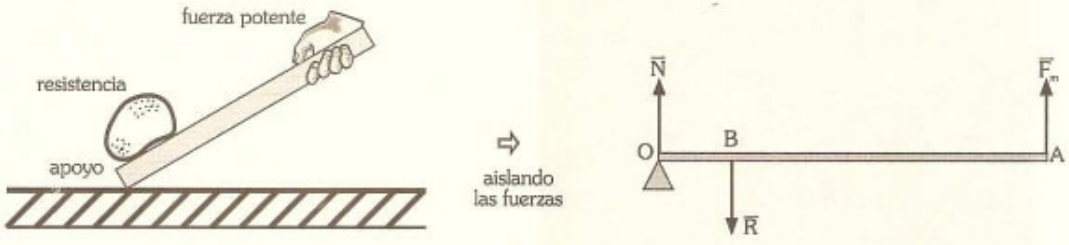
Como ejemplos, se pueden citar las balanzas, las tijeras y los alicates.

El alicate y la tijera son formados por una asociación de dos palancas.





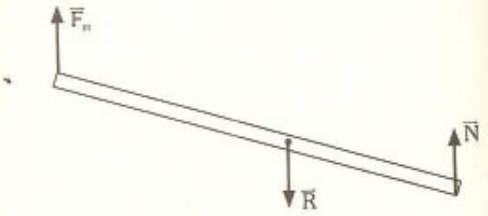
• Palanca interresistente (2º género)



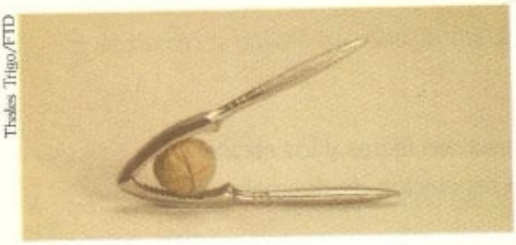
Subido por Leazeel

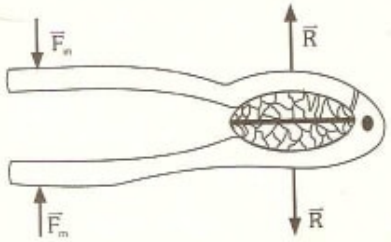
Como ejemplos, se tienen la carretilla y el cascanueces.
El cascanueces es una asociación de dos palancas.

Nelson Toledo/FTD



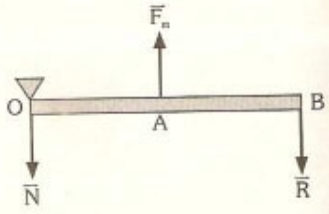
Thales Trigo/FTD





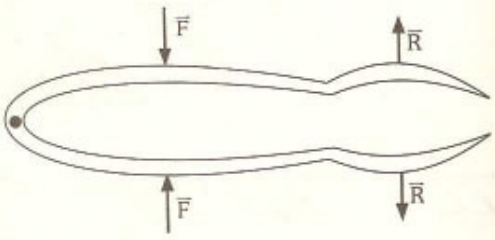
• Palanca interpotente (3º género)

⇨ aislando las fuerzas



Ejemplos: pinza y pinza de hielo

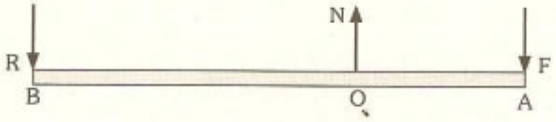
Thales Trigo/FTD



Subido por Leazeel

5 Condición de equilibrio de una palanca

Se considera la palanca interfija de la figura.



Para que la palanca permanezca en equilibrio, en posición horizontal, se debe tener:

$\Sigma_O M = 0 \Rightarrow M_{R,O} + M_{N,O} + M_{F,O} = 0 \Rightarrow R \cdot \overline{BO} + 0 - F \cdot \overline{AO} = 0$

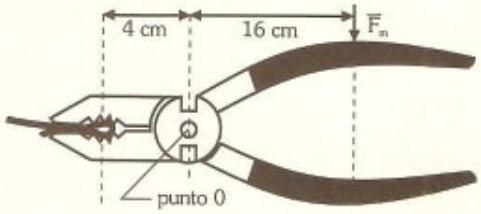
$$R \cdot \overline{BO} = F \cdot \overline{AO}$$

Se observa que el producto de la fuerza resistente del brazo es igual al producto de la fuerza motriz por su brazo.

Esa relación de la palanca interfija ya demostrada, es válida también para las palancas interresistente e interpotente.

Problema de Aplicación

El alicate de la figura es usado para doblar un hilo de cobre. La fuerza motriz aplicada por la persona es de 60N.



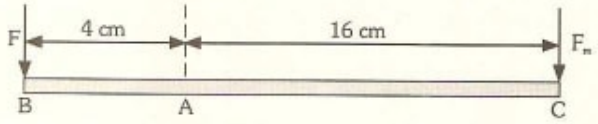
a) ¿Cuál es la intensidad de la fuerza que comprime el hilo?

b) ¿Cuál es la ventaja mecánica del alicate?

c) ¿Por qué la posición del corte está más próxima a la articulación?

Solución:

a) El alicate es una asociación de dos palancas. Cuando se aprieta el hilo con el alicate, en la otra punta surgen fuerzas opuestas que hacen que el hilo sea comprimido. Luego:



Como la palanca está en equilibrio, se tiene:

$F \cdot \overline{AB} = F_m \cdot \overline{AC} \Rightarrow F \cdot 4 = 60 \cdot 16 \Rightarrow F = 240N$

Subido por Leazeel

b) La ventaja mecánica está dada por:

$$\text{ventaja mecánica} = \frac{F}{F_m} = \frac{240}{60} = 4$$

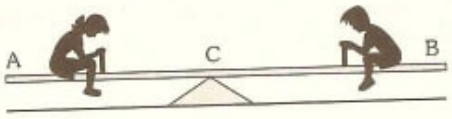
Esto significa que la fuerza aplicada en el cabo del alicate es aumentada 4 veces.

c) Porque cuanto menor la distancia del corte hasta la articulación, mayor será la fuerza $\overline{F}$, es decir, mayor será la ventaja mecánica.

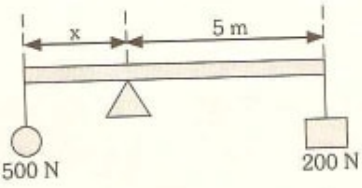
Respuesta: a) 240N b) 4 c) Vea solución.

PROBLEMAS PROPUESTOS

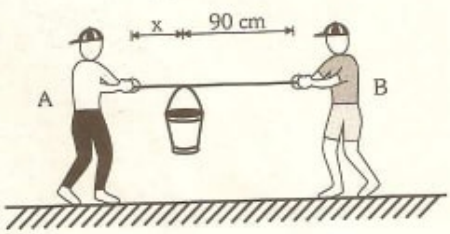
406 El esquema representa un sube y baja homogéneo, con sección transversal constante, que tiene 7m de longitud y está apoyada en C, distante 3m de A. En el extremo A está un niño de 400N de peso. ¿Cuál es el peso del niño sentado en B para que el sube y baja quede en equilibrio en posición horizontal?



407 La barra indicada en la figura tiene peso despreciable y está en equilibrio en posición horizontal. Determine el valor de x.



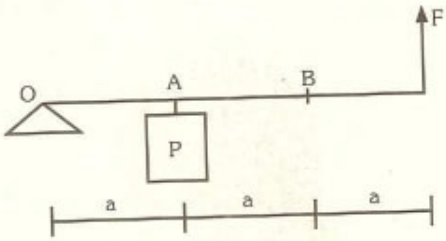
408 Dos muchachos, A y B, llevan un balde de 300N, conforme indica la figura.



Sabiendo que el muchacho A soporta una carga dos veces mayor que el muchacho B, calcule la posición x del balde.

409 Con la ayuda de una palanca interfija de 3m de longitud y de peso despreciable se pretende equilibrar horizontalmente un cuerpo de 400N de peso, colocado en uno de los extremos. Sabiendo que la fuerza potente tiene intensidad 80N, determine la localización del punto de apoyo.

410 Una barra rígida de peso propio despreciable es utilizado como palanca, conforme indica la figura. Con la carga suspendida en el punto A, la fuerza $\overline{F}$ que equilibra el sistema es 200N. Colocándose otra carga del mismo valor en el punto B, calcule el valor de la nueva fuerza necesaria para equilibrar el sistema.



Subido por Leazeel

Unidad V
Hidrostática

Capítulo **1**

Presión

1 Teoría, sus creadores, su práctica

La Hidrostática tiene su origen en los estudios de Arquímedes (287–212 a.C.) sobre la Mecánica de los fluidos.

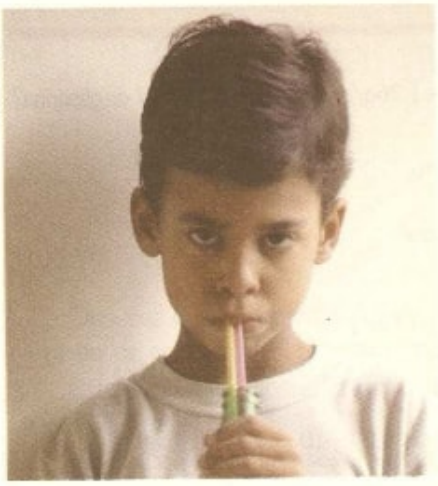
Si se comprendió la Unidad IV, se comprenderán fácilmente los principios de la Hidrostática, pues, ahora, la fuerza será ejercida por un líquido o gas, o sea, un fluido.

Dieron contribución a ese tema los científicos Torricelli (1608–1647), Stevin (1548 –1620), Pascal (1623–1662), entre otros.

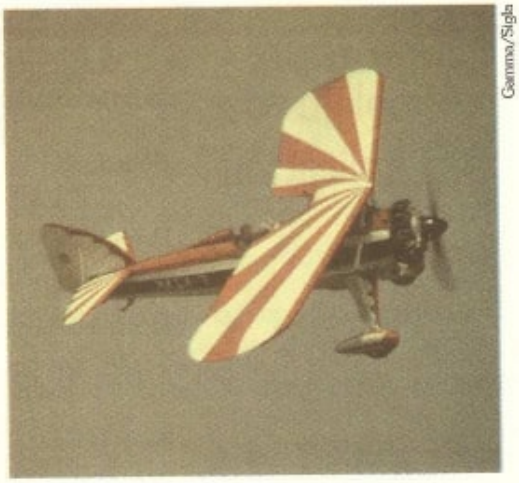
La Hidrostática ayuda a entender, por ejemplo, por qué los esquimales utilizan un zapato con suela en forma de raqueta de tenis, qué es la presión atmosférica y cómo medirla, la diferencia entre nadar en una piscina de agua dulce y en el mar, el funcionamiento de una prensa hidráulica.

Al tomar una gaseosa con pajita, ¿por qué el líquido sube por la pajita? Al sumergir cuerpos en líquidos, algunos se hunden y otros quedan flotando en la superficie. ¿Por qué será? ¿Y por qué razón, cuando se sumerge a grandes profundidades se tienen problemas de respiración aun con equipo de buceo?

¿Cómo un avión a chorro, o aun movido a hélice, consigue volar? ¿Qué fuerzas lo mantienen en el aire?



Thales Trigo/FTD



Gamma/Sigla

Subido por Leazeel

2 Fluido

Se denomina *fluido* a toda sustancia que puede fluir, es decir, deslizarse con facilidad. Por eso a los *líquidos* y a los *gases* se denominan fluidos.

El estudio de los fluidos en reposo o en movimiento se trata en un apartado de la Física a que se denomina *Mecánica de los Fluidos*.

Con fines didácticos la Mecánica de los Fluidos se divide en:

Fluido-estática: estudia los fluidos en reposo.

Fluido-dinámica: estudia los fluidos en movimiento.

Como el líquido utilizado antiguamente era el agua, cuyo prefijo es hidro, se emplean también los nombres Hidrostática para la Fluido-estática e Hidrodinámica para la Fluido-dinámica.

3 Densidad absoluta o masa específica

Se denomina *densidad absoluta* o *masa específica* de un cuerpo al cociente entre la masa y el volumen del cuerpo.

$$\mu = \frac{m}{V}$$

Donde: μ = masa específica;
m = masa del cuerpo;
V = volumen del cuerpo.

La unidad de densidad absoluta en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico, que se representa por kg/m^3.

Es muy utilizada la unidad g/cm^3.

Observación:

La densidad de un cuerpo puede no tener el mismo valor de la densidad absoluta de la sustancia que constituye el cuerpo. Los valores serán iguales solamente cuando el cuerpo es macizo y homogéneo.

Problema de Aplicación

La densidad de la glicerina es $1,26g/cm^3$. ¿Cuánto pesan 4ℓ de glicerina? Considere $g = 10m/s^2$.

Solución:

Datos: $\begin{cases} \mu = 1,26g/cm^3 \\ V = 4\ell = 4\,000cm^3 \\ g = 10m/s^2 \end{cases}$

La masa de la glicerina es igual a:

$$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow 1,26 = \frac{m}{4\,000} \Rightarrow m = 5\,040g \text{ o } m = 5,04kg$$

Por lo tanto: $P = m \cdot g \Rightarrow P = 5,04 \cdot 10 \Rightarrow P = 50,4N$.

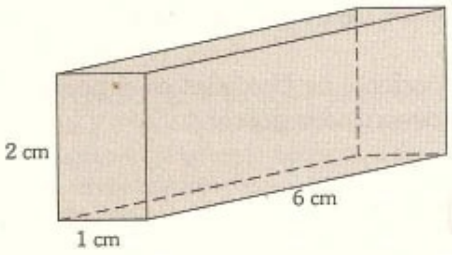
Respuesta: 50,4N

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

411 Halle la densidad absoluta en g/cm^3 de un cuerpo de forma cúbica que mide 10cm de arista y cuya masa es de 2kg.

412 El cuerpo que se indica en la figura tiene una forma de paralelepípedo y su masa es de 6kg. Determine su densidad absoluta en g/cm^3.



413 La densidad de un cuerpo es $1,8 g/cm^3$ y su volumen es igual a $10 cm^3$. Determine la masa de ese cuerpo.

414 Un cuerpo de 4kg de masa tiene una densidad absoluta de $5 g/cm^3$. Determine su volumen en cm^3.

415 La densidad de una determinada sustancia es $1,25 g/cm^3$. Un cubo macizo, homogéneo, tiene 2cm de arista y se halla en un lugar donde la aceleración local de la gravedad es igual a $980 cm/s^2$. Calcule, en unidades del Sistema Internacional, la masa del cubo y su peso.

416 En un proceso de electrodeposición de estaño, se produce una película de $1 \cdot 10^{-4}$m de espesor. ¿Cuántos metros cuadrados se pueden cubrir con 1,46kg de estaño, cuya masa específica es $7,3 \cdot 10^3 kg/m^3$?

417 Un cilindro de hierro, vacío internamente, tiene 4cm de radio externo y 2cm de radio interno. Sabiendo que la altura del cilindro es 10cm y la densidad absoluta es $7,8 g/cm^3$, calcule la masa del cilindro. Considere $\pi = 3,1$.

418 Se mezclan dos líquidos, A y B. El líquido A tiene un volumen de $120 cm^3$ y una densidad absoluta de $0,78 g/cm^3$. El líquido B tiene un volumen de $200 cm^3$ y una densidad igual a $0,56 g/cm^3$. Determine en g/cm^3 la densidad de la mezcla.

4 Fórmula matemática de la presión

Considere dos personas, A y B, de igual peso, que caminan en la nieve.

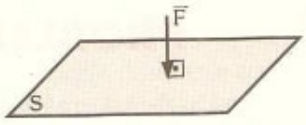
Observe que la persona A deja marcas más profundas en la nieve que la persona B, a pesar de que tienen el mismo peso.

Esto ocurre porque el área de la superfície sobre la cual A se apoya es menor que la superficie de apoyo de B.

La Física relaciona esas dos magnitudes, fuerza peso y área de la superficie, a través de la magnitud física llamada *presión*.

Subido por Leazeel

Considerando la fuerza $\vec{F}$ que actúa perpendicularmente sobre el área S en la figura de al lado.



Se denomina *presión* (p) al cociente entre la intensidad de la fuerza $\vec{F}$ y el área S en el que la fuerza se distribuye.

$$p = \frac{F}{S}$$

Donde: p = presión
F = fuerza
S = área

La unidad de presión en el Sistema Internacional de Unidades es el newton por metro cuadrado, que se indica por N/m^2 y es denominada *pascal*.

$$\frac{1\ N}{1\ m^2} = 1\ \text{pascal} = 1\ Pa$$

Otras unidades que también se utilizan son:

- la dyn/cm^2, denominada baria:

$$\frac{1\ dyn}{1\ cm^2} = 1\ \text{baria} = 1\ ba$$

- la atmósfera:

$$1atm = 760mmHg = 10^5 N/m^2 = 10^6\ \frac{dyn}{cm^2}$$

Problema de Aplicación

Un cubo homogéneo de aluminio de 2m de arista se halla apoyado en una superficie horizontal. Sabiendo que la densidad del aluminio es $2,7 \cdot 10^3 kg/m^3$ y $g = 10m/s^2$, ¿cuál es la presión ejercida por el bloque en la superficie?

Solución:

Datos: $\begin{cases} a = 2m \\ \mu = 2,7 \cdot 10^3 kg/m^3 \\ g = 10m/s^2 \end{cases}$

La masa del cubo es igual a:

$V = a^3 \Rightarrow V = 2^3 = 8m^3$

$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow 2,7 \cdot 10^3 = \frac{m}{8} \Rightarrow m = 2,16 \cdot 10^4 kg$

El área de apoyo es:

$S = a^2 \Rightarrow S = 2^2 = 4m^2$

$p = \frac{F}{S} \Rightarrow p = \frac{P}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{2,16 \cdot 10^4 \cdot 10}{4} = 5,4 \cdot 10^4 N/m^2$

Respuesta: $5,4 \cdot 10^4 N/m^2$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

419 Determine, en N/m^2, la presión media ejercida por un edificio de 300t y $200m^2$ de base en los puntos de contacto con el suelo. Adopte $g = 10m/s^2$.

420 Una bailarina de 50kg de masa se apoya en la punta de un pie. La superficie de contacto entre el pie y el suelo tiene un área de $4cm^2$. Siendo $g = 10m/s^2$, determine en N/m^2 la presión ejercida por el pie de la bailarina.

421 Las dimensiones de un bloque de mármol son $0,5m \times 0,5m \times 2m$. Una de sus caras cuadradas se apoya sobre un plano horizontal. Calcule la presión ejercida sobre la cara apoyada, sabiendo que la masa específica del mármol es $2,8g/cm^3$ y $g = 10m/s^2$.

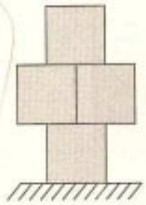
422 Una placa rectangular de vidrio, que mide 1m de ancho y 2,5m de longitud, se halla sumergida en un líquido, en una región donde la presión es $10N/m^2$ en todos los puntos de la placa. ¿Cuál es, en newtons, la intensidad de la fuerza que actúa sobre esa cara de la placa?

423 Cuando el viento alcanza una velocidad de 45m/s en las grandes tempestades, se ejerce una presión de $28N/cm^2$ aproximadamente. Determine la fuerza que él ejerce sobre una pared de 10m de longitud y 2m de altura, colocada perpendicularmente a la dirección del viento.

424 Considere un bolígrafo de 0,08N de peso y:
sección de la base = $0,5cm^2$;
sección de la punta = $0,2mm^2$;
longitud = 10cm;
ancho de la base longitudinal de apoyo = 0,2mm.

Determine la presión ejercida por el bolígrafo en cada uno de los tres casos que se indican en la figura.

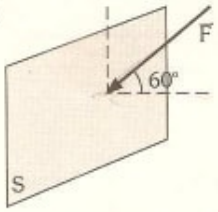
425 Cuatro cubos metálicos homogéneos e iguales, de $10^{-1}m$ de arista, se hallan dispuestos sobre un plano horizontal, como se indica en la figura.



Sabiendo que la presión aplicada por el conjunto al plano es $10^4N/m^2$ y $g = 10m/s^2$, calcule la densidad de los cubos.

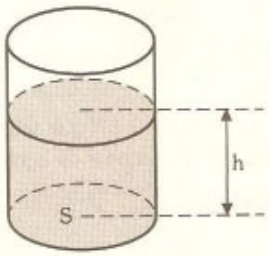
426 Un cubo hueco de aluminio posee 100g de masa y $50cm^3$ de volumen. El volumen de la parte vacía es de $10cm^3$. Calcule la densidad del cubo y la masa específica del aluminio.

427 Calcule la presión que la fuerza $\vec{F}$ de 12N de intensidad, indicada en la figura, ejerce sobre el área $S = 8cm^2$.



5 Presión ejercida por un líquido

Considere el recipiente de la figura, que contiene un líquido de densidad absoluta μ hasta una altura h, en un lugar donde la aceleración de la gravedad es g.



Subido por Leazeel

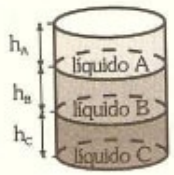
El líquido contenido en el recipiente tiene un peso P y ejerce sobre la base del recipiente una presión p, dada por:

$$p = \frac{P}{S} = \frac{\frac{mg}{V}}{h} = \frac{\frac{\mu Vg}{V}}{h} = \mu gh \Rightarrow \boxed{p = \mu gh}$$

Esa presión, debida solamente a la columna del líquido, también es denominada *presión hidrostática* y puede ser aplicada a un punto cualquiera del recipiente.

Observación:

Si se tienen, por ejemplo, tres líquidos no miscibles dentro de un mismo recipiente, la presión en el fondo es la suma de las presiones parciales que cada líquido ejerce individualmente.

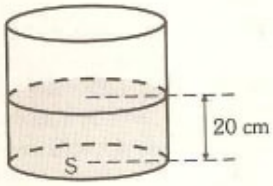


$$p_{fondo} = p_A + p_B + p_C$$

$$\boxed{p_{fondo} = \mu_A g h_A + \mu_B g h_B + \mu_C g h_C}$$

Problema de Aplicación

El recipiente de la figura contiene agua hasta una altura de 20cm.



Sabiendo que el área de la base vale, aproximadamente, $8cm^2$ y considerando $g = 10m/s^2$ y $\mu_{H_2O} = 1g/cm^3$, calcule:

a) la presión ejercida por la columna de agua en el fondo del recipiente;

b) la fuerza que el agua ejerce en el fondo del recipiente.

Solución:

a) Datos: $\begin{cases} \mu_{H_2O} = 1g/cm^3 = 10^3 kg/m^3 \\ g = 10m/s^2 \\ h = 20cm = 0,2m \\ S = 8cm^2 = 8 \cdot 10^{-4} m^2 \end{cases}$

La presión en el fondo del recipiente es:

$$p = \mu gh \Rightarrow p = 10^3 \cdot 10 \cdot 0,2 \Rightarrow p = 2 \cdot 10^3 N/m^2$$

b) $p = \frac{F}{S} \Rightarrow 2 \cdot 10^3 = \frac{F}{8 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F = 1,6N$

La fuerza F = 1,6N que actúa sobre el fondo del recipiente es igual al peso de la columna de agua.

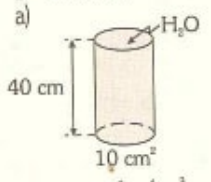
Respuesta: a) $2 \cdot 10^3 N/m^2$ b) 1,6N

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

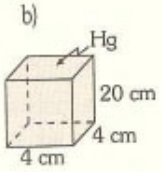
428 Calcule la presión y la fuerza en el fondo de los recipientes que se indican en las figuras. Siendo $g = 10m/s^2$.

a)



$\mu_{H_2O} = 1\ g/cm^3$

b)



$\mu_{Hg} = 13,6\ g/cm^3$

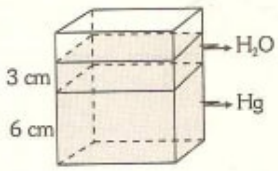
429 Un reservorio de agua posee en el fondo una válvula de 6cm de diámetro. La válvula se abre por acción del agua cuando ésta alcanza 1,8m encima del nivel de la válvula. Suponiendo que la densidad del agua es $10^3 kg/m^3$ y la aceleración local de la gravedad es $10m/s^2$, calcule la fuerza necesaria para abrir la válvula.

430 Las dimensiones de una piscina de fondo plano horizontal de un club social son: L = 25m de longitud y l = 10m de ancho. Sabiendo que el agua que la llena ejerce una fuerza de $4,5 \cdot 10^6 N$ en su fondo, determine la profundidad de esa piscina.
Siendo: $\mu = 1g/cm^3$ (densidad del agua)
$g = 10m/s^2$

431 Se dispone de dos recipientes cilíndricos: uno de diámetro $D_1 = 0,60m$ y otro de diámetro $D_2 = 0,40m$, ambos con altura suficiente para contener 150ℓ de aceite. Se sabe que el fondo de los recipientes es frágil y por eso se debe almacenar el aceite en el cilindro que permitirá la menor presión hidrostática en el fondo.
a) ¿Cuál de los recipientes se debe utilizar? ¿Por qué?
b) Sabiendo que $\mu_{aceite} = 0,8g/cm^3$, ¿cuál será la menor presión posible en el fondo?
Considere $g = 10m/s^2$.

432 Halle la presión ejercida por los líquidos en el fondo del recipiente que se indica en la figura.

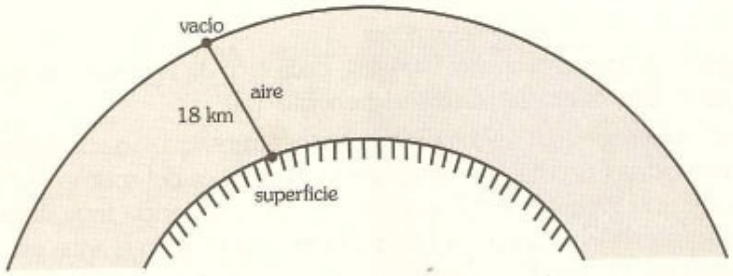
Siendo: $\begin{cases} \mu_{H_2O} = 1g/cm^3 \\ \mu_{Hg} = 13,6g/cm^3 \\ g = 10m/s^2 \end{cases}$



433 Se colocan tres líquidos no miscibles en el interior de un vaso cilíndrico. El volumen y la densidad de cada líquido son: 0,6ℓ, $1,2g/cm^3$; 1,4ℓ, $0,8g/cm^3$ y 0,90ℓ, $0,7g/cm^3$. ¿Cuál es la intensidad de la fuerza total que actúa sobre el fondo del recipiente? Desprecie la presión atmosférica.

6 Presión atmosférica

Alrededor de la Tierra hay una capa de aire denominada *atmósfera*, cuya altura es del orden de 18km.

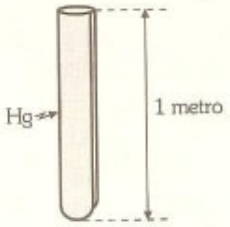


Esa masa ejerce una presión sobre todos los cuerpos en su interior, denominada *presión atmosférica*.

Subido por Leazeel

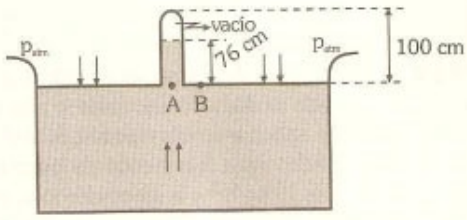
7 Cálculo de la presión atmosférica

Para determinar el valor de la presión atmosférica, Torricelli utilizó un tubo de 1m de longitud, lleno de mercurio.



Colocando la extremidad libre del tubo en un recipiente conteniendo mercurio, al nivel del mar y a 0°C, él verificó que la columna de mercurio en el tubo alcanzó 76cm.

Como los puntos A y B están en el mismo nivel y en el mismo líquido, se tiene:



$$p_A = p_B \Rightarrow \mu_{Hg} \cdot g \cdot h = p_{atm}$$

$$13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}76 = p_{atm}$$

$$p_{atm} = 1{,}01 \cdot 10^5 N/m^2$$

Para efectuar los cálculos, se utiliza:

$$p_{atm} = 1{,}0 \cdot 10^5 N/m^2$$

Como la columna de mercurio mide 76cm, se puede escribir:

$$1atm = 76cmHg = 760mmHg$$

(presión atmosférica normal)

La relación es:

$$1\ atm = 10^6 dyn/cm^2 = 10^5 N/m^2 = 76cmHg$$

Conforme a la experiencia de Torricelli, cada cm^2 de la superficie terrestre soporta una columna de atmósfera de aproximadamente 1kg.

Las fuerzas ejercidas sobre los cuerpos por la atmósfera son considerables. Ellas nos pasan desapercibidas porque nuestra presión interna es del mismo valor y compensa sus efectos. Se puede comprobarlo a través de una experiencia muy simple: calentando un poco de agua en el interior de una lata y tapándola cuando el agua estuviera caliente, la presión atmosférica producirá la deformación de la lata con el enfriamiento.

En un ambiente cerrado, por ejemplo, en una habitación, el aire ejerce la misma presión en todos los puntos, independientemente de la altura en que estos se encuentran.

Subido por Leazeel

Esa presión gaseosa es debida al número de colisiones de las partículas con las superficies (las paredes de la habitación). Tal presión es constante.

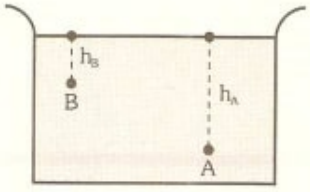
Por otro lado, en la atmósfera el aire es un gas libre porque ella no posee paredes laterales ni techo, solamente una pared de fondo — la superficie de la Tierra.

Como las moléculas gaseosas están sujetas a las fuerzas gravitacionales, ellas tienden a estar más junto a la superficie terrestre. Por eso, la densidad del aire disminuye con la altitud, es decir, el aire queda desaglomerado. Por lo tanto, disminuye también la presión atmosférica, pero no uniformemente, conforme se indica en la tabla.

Altitud (metros)	Presión (mmHg)
0	760,0
200	741,1
2 000	593,8
10 000	193,0
16 201	73,0
20 022	40,0

8 Teorema de Stevin

Considerando un líquido de densidad absoluta μ, en equilibrio en el recipiente de la figura.



Sean los puntos A y B del líquido situados a una distancia h_A y h_B, respectivamente, de la superficie del líquido.

Las presiones debidas a la columna del líquido en esos puntos son:

$p_A = \mu h_A g$ ①

$p_B = \mu h_B g$ ②

Efectuando ① − ②, se tiene:

$p_A - p_B = \mu h_A g - \mu h_B g \Rightarrow p_A - p_B = \mu g (h_A - h_B)$

$$p_A - p_B = \mu g \Delta h$$

$$\boxed{p_A = p_B + \mu g \Delta h}$$

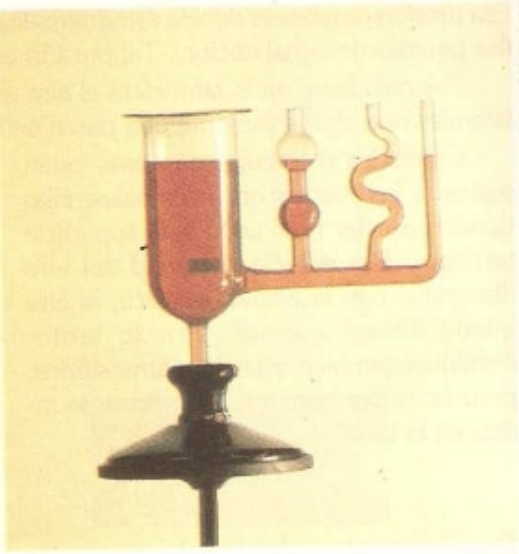
Observaciones:

1ª) Si los puntos A y B están en el mismo nivel (igual profundidad), se tiene $\Delta h = 0$, esto es, $p_A = p_B$. En base a esta conclusión, se puede verificar que la superficie libre de un líquido en equilibrio es siempre plana y horizontal, pues todos sus puntos soportan la misma presión, debiendo entonces estar en el mismo nivel.

Thales Trigo/FTD

Subido por Leazeel

2ª) Si el punto B está en la superficie del líquido, la presión ejercida por el aire es la presión atmosférica. De ahí se concluye que el nivel de la superficie libre en los vasos comunicantes es igual en todos los vasos, porque la presión en todos ellos es la presión atmosférica.

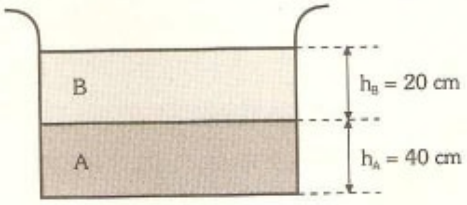


Nelson Toledo/FTD

3ª) En la igualdad $p_A = p_B + \mu g \Delta h$, se tiene: p_A = presión absoluta o presión total del punto A;
$\mu \cdot g \cdot \Delta h$ = presión debida a la columna Δh del líquido (presión hidrostática).

Problemas de Aplicación

1 El recipiente de la figura contiene dos líquidos no miscibles, A y B.



Sabiendo que $\mu_A = 1{,}4 g/cm^3$ y $\mu_B = 0{,}6 g/cm^3$, $g = 10 m/s^2$ y $p_{atm} = 10^5 N/m^2$, calcule la presión total en el fondo del recipiente.

Solución:

Datos:
$\mu_A = 1{,}4 g/cm^3 = 1{,}4 \cdot 10^3 kg/m^3$
$\mu_B = 0{,}6 g/cm^3 = 0{,}6 \cdot 10^3 kg/m^3$
$g = 10 m/s^2$
$p_{atm} = 10^5 N/m^2$
$h_A = 40 cm = 0{,}4 m$
$h_B = 20 cm = 0{,}2 m$

La presión en el fondo del recipiente es:

$$p_x = \underbrace{p_y}_{\text{presión atmosférica}} + \underbrace{\mu_A g h_A}_{\text{presión debida al líquido A}} + \underbrace{\mu_B g h_B}_{\text{presión debida al líquido B}} \Rightarrow p_x = 10^5 + 1{,}4 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}4 + 0{,}6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}2$$

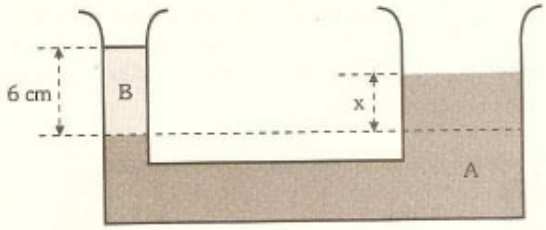
$$p_x = 10^5 + 0{,}56 \cdot 10^4 + 0{,}12 \cdot 10^4$$

$$p_x = 1{,}067 \cdot 10^5 N/m^2$$

Respuesta: $1{,}067 \cdot 10^5 N/m^2$

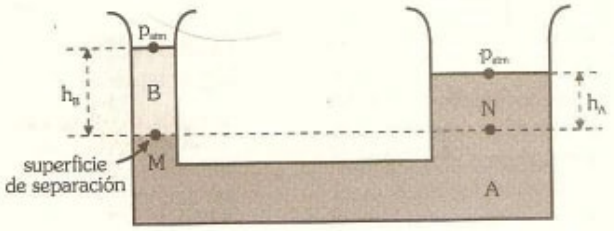
Subido por Leazeel

2 Los vasos comunicantes que se indican en la figura contienen los líquidos A y B en equilibrio.



Siendo $\mu_A = 0{,}8 g/cm^3$ y $\mu_B = 1{,}4 g/cm^3$, calcule el valor de x.

Solución:



Si los puntos M y N están en un mismo líquido y situados en un mismo nivel, se tiene:

$p_M = p_N \Rightarrow p_{atm} + \mu_B g h_B = p_{atm} + \mu_A g h_A \Rightarrow \mu_B g h_B = \mu_A g h_A$

$\mu_B h_B = \mu_A h_A$

$1{,}4 \cdot 6 = 0{,}8 \cdot x$

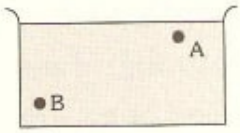
$x = 10{,}5 cm$

Respuesta: 10,5cm

PROBLEMAS PROPUESTOS

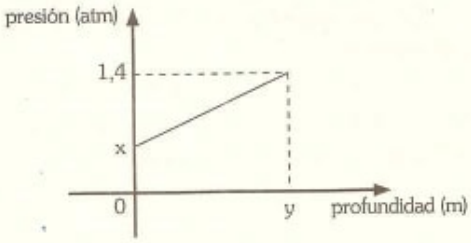
434 Determine la presión soportada por un cuerpo situado a 12m de la superficie del agua del mar, en un lugar donde $g = 10 m/s^2$. Siendo $\mu_{agua\ del\ mar} = 1{,}03 g/cm^3$ y $p_{atm} = 10^5 N/m^2$.

435 La figura ilustra un recipiente que contiene alcohol y dos puntos, A y B, cuya diferencia de niveles es de 15cm. Sabiendo que la presión en el punto B es igual a $1{,}04 \cdot 10^5 N/m^2$, $g = 10 m/s^2$ y $\mu_{alcohol} = 0{,}8 g/cm^3$, calcule la presión en el punto A.



436 El oceanógrafo es un aparato que se emplea para medir la profundidad del mar. Se sabe que el aparato soporta una presión hasta $2 \cdot 10^6 N/m^2$. ¿Cuál es la máxima profundidad que el aparato puede medir? Siendo: presión atmosférica $p_{atm} = 10^5 N/m^2$; masa específica del agua del mar $\mu = 1\,030 kg/m^3$; aceleración de la gravedad $g = 9{,}8 m/s^2$.

437 Se sabe que una columna de agua de 10m de altura ejerce una presión de 1atm, esto es, la presión atmosférica es de 1atm. El gráfico indica la presión absoluta en los puntos de una piscina llena de agua en función de la profundidad del punto considerado, en relación a la superficie libre expuesta a la atmósfera.

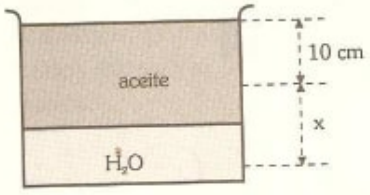


Determine los valores de x e y.

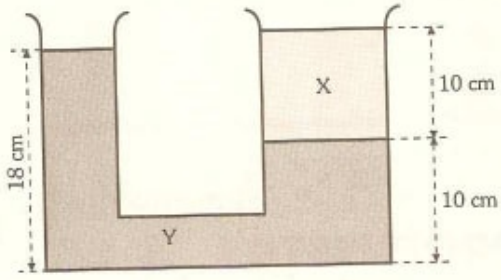
438 Un submarino encalla a 40m de profundidad. La compuerta de la escotilla tiene $2 m^2$ de área. ¿Qué fuerza se necesita ejercer para abrirla, siendo: densidad del agua de mar igual a $1{,}03 \cdot 10^3 kg/m^3$, $p_{atm} = 10^5 N/m^2$ y $g = 10 m/s^2$?

Subido por Leazeel

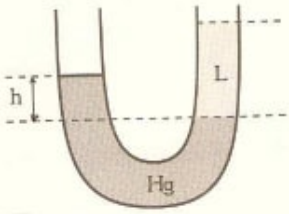
439 El recipiente que se indica en la figura contiene agua y aceite. Sabiendo que la presión absoluta en el fondo del recipiente es $1{,}038 \cdot 10^5 N/cm^2$, $\mu_{aceite} = 0{,}8 g/cm^3$, $\mu_{H_2O} = 1 g/cm^3$, $p_{atm} = 1 \cdot 10^5 N/m^2$ y $g = 10 m/s^2$, calcule la altura x de la columna de agua.



440 En el esquema, X e Y son dos líquidos no miscibles y homogéneos contenidos en un sistema de vasos comunicantes en equilibrio hidrostático. Sabiendo que la densidad absoluta del líquido X es de $0{,}9 g/cm^3$, determine la densidad absoluta del líquido Y.

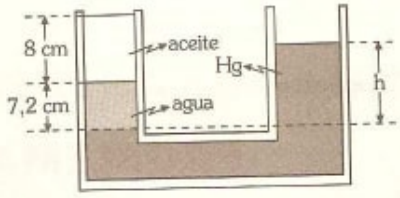


441 En un lugar donde la presión atmosférica es normal y la aceleración de la gravedad es $g = 10 m/s^2$, se coloca en un tubo en U, abierto en los extremos, mercurio y un líquido L no miscible.



La columna de mercurio h por encima de la superficie de separación de los dos líquidos, en una de las ramas, es $\frac{1}{17}$ de la columna del líquido L en la otra rama. Sabiendo que la masa específica del mercurio es $13{,}6 g/cm^3$, calcule la masa específica del líquido L.

442 El tubo en U de la figura contiene mercurio, agua y aceite de densidades $d_{Hg} = 13{,}6 g/cm^3$, $d_{H_2O} = 1 g/cm^3$ y $d_{aceite} = 0{,}8 g/cm^3$.



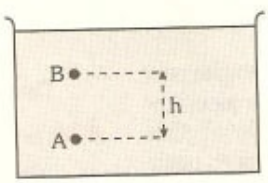
Determine el valor de h.

9 Teorema de Pascal

Cuando se ejerce una presión sobre un cuerpo sólido, ésta se transmite desigualmente en distintas direcciones debido a la fuerte cohesión que da al sólido su rigidez.

En un líquido la presión se transmite igualmente en todas las direcciones, debido a la fluidez.

Para demostrar el teorema de Pascal, se consideran dos puntos, A y B, en el interior de un líquido incompresible en equilibrio de densidad absoluta μ, en un lugar donde la aceleración de la gravedad es igual a g.



La diferencia de presión entre los puntos A y B es:

$$p_A - p_B = \mu \cdot g \cdot h \quad ①$$

Subido por Leazeel

Aumentando la presión en los puntos A y B por cualquier proceso, los puntos A y B experimentarán un aumento de presión Δp_A y Δp_B, tal que las presiones son:

$$p'_A = p_A + \Delta p_A$$
$$p'_B = p_B + \Delta p_B$$

Como el líquido es incompresible, la distancia entre los puntos A y B es la misma. Luego:

$$p'_A - p'_B = \mu gh$$
$$(p_A + \Delta p_A) - (p_B + \Delta p_B) = \mu gh \quad ②$$

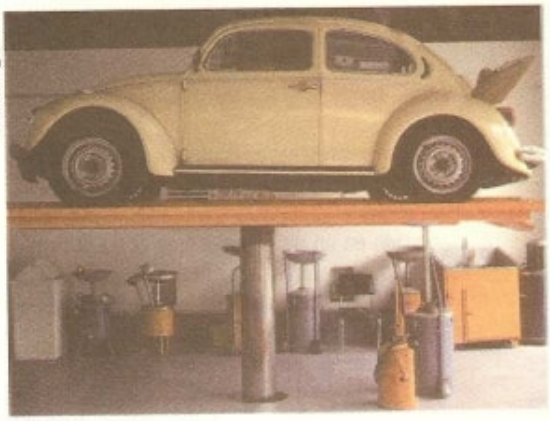
Igualando ① y ②, se tiene:

$$\cancel{p_A} - \cancel{p_B} = \cancel{p_A} + \Delta p_A - \cancel{p_B} - \Delta p_B \Rightarrow \Delta p_A = \Delta p_B$$

Por lo tanto, se puede enunciar el teorema de Pascal:

> El aumento de presión ejercido en un punto de un líquido ideal en equilibrio se transmite con igual intensidad a todos los puntos de ese líquido.

Las fotos ilustran algunas aplicaciones del teorema de Pascal:



Thales Trigo/FTD

Thales Trigo/FTD

10 Prensa hidráulica

Es una aplicación del teorema de Pascal.

Consiste en dos cilindros verticales de secciones desiguales A y B, unidos por un tubo en el interior del cual existe un líquido que contiene dos émbolos de áreas S_1 y S_2.

Subido por Leazeel

Aplicando la fuerza $\vec{F}_1$ al émbolo de área S_1 se produce un aumento de presión que se transmite a todos los puntos del líquido, inclusive a aquellos en contacto con el émbolo de área S_2. Luego:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \Rightarrow \boxed{\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}}$$

Se observa que la prensa hidráulica efectúa una multiplicación de fuerza, porque el área S_2 es mayor que el área S_1.

Problema de Aplicación

Una prensa hidráulica tiene dos émbolos de áreas iguales a $10cm^2$ y $80cm^2$. Calcule la fuerza transmitida al émbolo mayor cuando se aplica al menor una fuerza de 120N.

Solución:

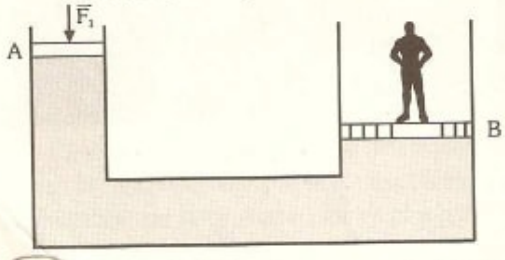
$$\text{Siendo: } \begin{cases} F_1 = 120N \\ S_1 = 10cm^2 \\ S_2 = 80cm^2 \end{cases}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow \frac{120}{10} = \frac{F_2}{80} \Rightarrow F_2 = 960N$$

Respuesta: 960N

PROBLEMAS PROPUESTOS

443 Los émbolos de la prensa hidráulica de la figura tienen áreas $S_A = 4cm^2$ y $S_B = 120cm^2$. Al émbolo menor se aplica la fuerza de intensidad $F_1 = 40N$ que mantiene en equilibrio el hombre sobre el émbolo B. Calcule el peso del hombre.

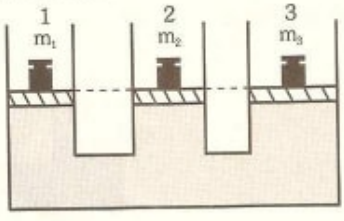


444 Una prensa hidráulica eleva un cuerpo de 4 000N sobre el émbolo mayor, de 1 $600cm^2$ de área, cuando una fuerza de 80N se aplica al émbolo menor. Calcule el área del émbolo menor.

445 Con una prensa hidráulica se quiere equilibrar un cuerpo de 5 000kg de masa sobre el pistón mayor con un cuerpo de 200kg de masa sobre el pistón menor. ¿Cuál debe ser la razón entre los radios de los dos pistones?

446 La figura representa un dentista levantando al paciente que se encuentra en el sillón dental. El peso del paciente es de 800N y el sillón dental está apoyado en un pistón cuya área es de $500cm^2$. Sabiendo que el área del pedal que acciona el sillón dental es de $30cm^2$, determine la intensidad de la fuerza que el dentista está ejercendo.

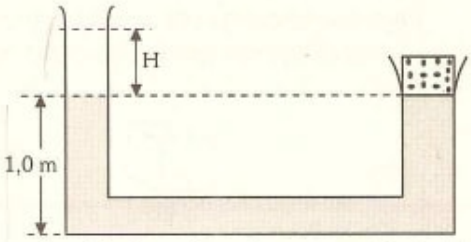
447 En la figura se tiene el esquema de una prensa hidráulica (con tres ramas). La compresibilidad del líquido es despreciable.



Subido por Leazeel

Las áreas de las secciones trasversales de los tubos verticales 1, 2 y 3 son A_1, A_2 y A_3, con $A_2 = 2\,A_1$ y $A_3 = 1{,}5\,A_2$. Si se coloca una masa $m_1 = 200$kg sobre el pistón del tubo 1, ¿cuáles deberán ser las masas colocadas en los pistones de los tubos 2 y 3 para que el sistema permanezca en equilibrio en la posición indicada?

448 La figura representa un tubo cilíndrico en U de 4cm de diámetro, que tiene uno de sus extremos cerrado por un corcho que, para ser sacado, requiere la aplicación de una fuerza mínima de 6,28N. Siendo densidad del agua = $1\text{g/cm}^3 = 10^3\text{kg/m}^3$, $g = 10\text{m/s}^2$ y presión atmosférica = 10^5N/m^2, responda:



a) ¿cuál es la presión total ejercida en el fondo del tubo?

b) ¿cuál es la altura H del agua que debe ser adicionada en el tubo para sacar el corcho?

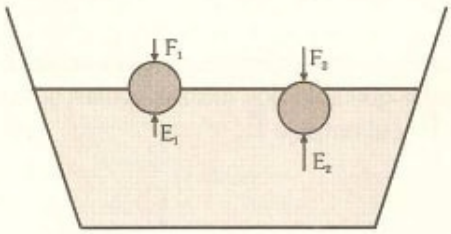
c) reduciéndose el diámetro del tubo a la izquierda a la mitad, ¿cómo varía la cantidad de agua que debe ser adicionada?

Capítulo **2**

Empuje

1 Introducción

Cuando se intenta hundir una esfera de plástico en un líquido se observa que cuanto más se hunde la esfera, mayor es la fuerza de resistencia ofrecida por el líquido.

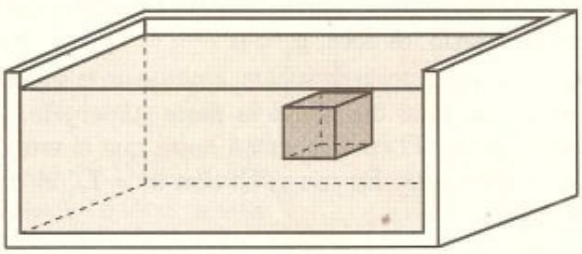


Esto ocurre porque el líquido ejerce sobre la esfera una fuerza vertical de abajo hacia arriba llamada *empuje*.

El empuje representa la fuerza resultante del líquido en equilibrio sobre la esfera.

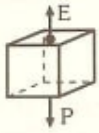
2 Cálculo del empuje (teorema de Arquímedes)

Considerando un líquido en equilibrio y una porción de ese líquido como si fuese un cuerpo sumergido en él.



Subido por Leazeel

Para que el cuerpo de masa m_c y volumen V_c quede en equilibrio en el líquido, se debe tener el empuje igual al peso del cuerpo, es decir:



$$E = P \Rightarrow E = m_c \cdot g$$
$$E = \mu_c \cdot V_c \cdot g$$

Pero el cuerpo imaginario está constituido del líquido. Luego:

$\mu_c = \mu_{\text{líquido}}$ y $V_c = V_{\text{líquido desplazado}}$

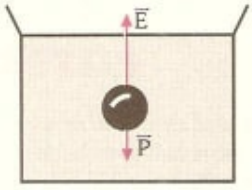
Por lo tanto:

$$E = \mu_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{líquido desplazado}} \cdot g$$

Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un líquido recibe un empuje vertical de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo.

3 Equilibrio de cuerpos sumergidos y flotantes

Considerando un cuerpo sumergido en un líquido. Se sabe que sólo dos fuerzas actúan sobre él: su peso $\vec{P}$ y el empuje $\vec{E}$.



Se distinguen tres casos, que se verán a continuación:

1º caso: El peso es mayor que el empuje ($P > E$).

En este caso el cuerpo bajará con aceleración constante (condiciones ideales). Si se verifican las expresiones de P y E, se concluye que eso sucederá si la masa específica del cuerpo es mayor que la masa específica del líquido, es decir, $\mu_c > \mu_L$.

2º caso: El peso es menor que el empuje ($P < E$).

En este caso el cuerpo subirá con aceleración constante hasta que quede flotando en la superficie del líquido. Eso sucede cuando la masa específica del cuerpo es menor que la masa específica del líquido, es decir, $\mu_c < \mu_L$.

Cuando el cuerpo, en su trayectoria de subida, emerge en la superficie del líquido, el empuje comenza a disminuir, pues disminuye la parte sumergida y, por lo tanto, el volumen del líquido se desplaza. El cuerpo subirá hasta que el empuje quede igual al peso del cuerpo, que es constante. En esa condición ($P = E$), el cuerpo quedará en equilibrio, flotando en el líquido.

Subido por Leazeel

3º caso: El peso es igual al empuje (P = E).

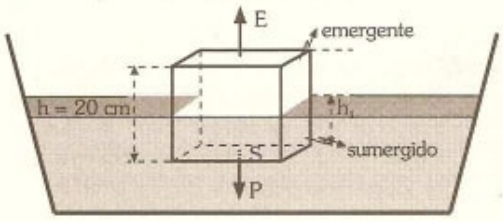
En este caso el cuerpo queda en equilibrio, cualquiera que sea el punto en que se lo coloque. Eso sucede cuando la masa específica del cuerpo es igual a la masa específica del líquido, es decir, $\mu_c = \mu_L$.

Problemas de Aplicación

1 Un cubo de madera de densidad absoluta 0,2g/cm³ y arista de 20cm flota en el agua. Determine la altura de la parte sumergida del cubo.

Solución:

Se debe tener el empuje igual al peso. Luego:



$$E = P \Rightarrow \mu_{líquido} \cdot V_{líquido\ desplazado} \cdot \cancel{g} = m_c \cdot \cancel{g}$$

$$\mu_{líquido} \cdot V_{líquido\ desplazado} = \mu_c \cdot V_c$$

$$\mu_{líquido} \cdot S \cdot h_1 = \mu_c\ S \cdot h$$

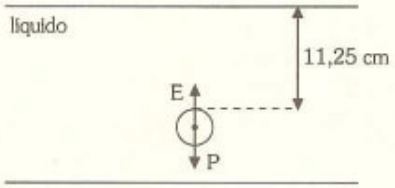
$$\mu_{líquido} \cdot h_1 = \mu_c \cdot h \Rightarrow 1 \cdot h_1 = 0{,}2 \cdot 20$$

$$h_1 = 4cm$$

Respuesta: 4cm

2 Una esfera de 20g de masa se mantiene totalmente sumergida en un líquido, de forma que la distancia entre su punto más alto y la superficie libre del líquido es 11,25cm. Sabiendo que la densidad de la esfera en relación al líquido es 0,8, determine el tiempo transcurrido desde el instante en que la esfera es liberada hasta que ella llega a la superficie. Se admite la inexistencia de rozamiento y g = 10m/s².

Solución:



- Cálculo del empuje:

$$E = \mu_{liq}\, Vg \Rightarrow E = \mu_{liq} \cdot \frac{m}{\mu_{esf}} \cdot g \Rightarrow E = \frac{1}{0{,}8} \cdot 0{,}020 \cdot 10 \Rightarrow E = 0{,}25\ N$$

- Cálculo del peso de la esfera:

$$P = m \cdot g \Rightarrow P = 0{,}020 \cdot 10 \Rightarrow P = 0{,}2N$$

- Cálculo de la aceleración (MUV):

$$E - P = m_{esf} \cdot a \Rightarrow 0{,}25 - 0{,}2 = 0{,}020 \cdot a \Rightarrow a = 2{,}5m/s^2$$

- Cálculo del tiempo de subida:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} \cdot at^2 \Rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot 2{,}5t^2 \Rightarrow s = 1{,}25t^2$$

Siendo s = 11,25cm = 0,1125m, se tiene:

$$0{,}1125 = 1{,}25t^2 \Rightarrow t^2 = 0{,}09 \Rightarrow t = 0{,}3s$$

Respuesta: 0,3s

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

449 Se coloca, dentro de un tanque con agua de 1g/cm³ de densidad, un cuerpo de 500g de masa y 1 000mℓ de volumen, que queda flotando en la superficie del agua con la mitad de su volumen sumergido. ¿Cuál es la intensidad en N (newtons) del empuje que ejerce el agua sobre el cuerpo? Adopte g = 10m/s².

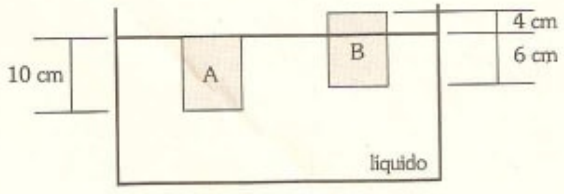
450 Un iceberg de forma cúbica flota emergiendo 1m de su altura. Determine la altura de la parte sumergida, sabiendo que la densidad absoluta del hielo es de 0,9g/cm³ y la densidad del agua salada es de 1,01g/cm³.

451 Una esfera maciza y homogénea flota en el agua emergiendo $\frac{1}{5}$ de su volumen. Calcule la densidad del material de que está hecha la esfera. Adopte $\mu_{agua} = 1g/cm^3$.

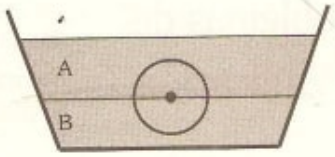
452 Un cubo macizo de madera con lado de longitud L = 0,5m flota en el agua, conservando dos caras horizontales. Calcule la altura de la parte sumergida del cubo, siendo μ_m = masa específica de la madera = $7 \cdot 10^2 kg/m^3$ y μ_a = masa específica del agua = $1 \cdot 10^3 kg/m^3$.

453 Un cuerpo sólido flota en el agua (masa específica 1,00g/cm³) con 60% de su volumen sumergido. Calcule el porcentaje del volumen del cuerpo sólido que está emergiendo cuando se coloca un líquido de masa específica 0,8g/cm³.

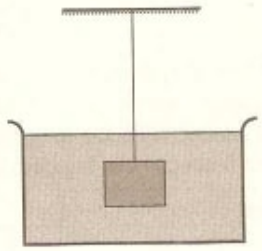
454 Dos cuerpos de densidades diferentes pero de la misma forma son colocados dentro de un recipiente que contiene líquido y, después de algún tiempo, quedan en la posición descrita en la figura. Sabiendo que el cuerpo indicado por la letra A tiene 320g de masa y 400cm³ de volumen, determine la densidad del cuerpo B.



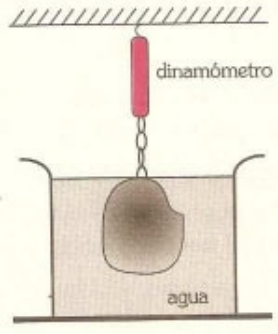
455 Una esfera de densidad absoluta x flota entre los líquidos A y B de densidades absolutas $d_A = 0,7g/cm^3$ y $d_B = 0,9g/cm^3$, conforme indica la figura. La superficie de separación de los líquidos pasa por el centro de la esfera. Calcule el valor de x.



456 Dentro de un vaso abierto se colocan 2kg de agua. Después se coloca dentro del líquido un pequeño cuerpo de 500g de masa y 50cm³ de volumen, colgado por un hilo, conforme se indica en la figura. Calcule la intensidad de tracción en el hilo.



457 Un estudiante quiere conocer el volumen de un cuerpo irregular de una mezcla desconocida cuya masa es igual a 0,45kg. Para alcanzar su objetivo, él realiza el montaje de la figura.

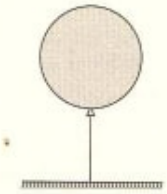


Siendo { masa específica del agua = $10^3 kg/m^3$; lectura en el dinamómetro = 2,1N; g = 10m/s² }

Calcule el volumen del cuerpo.

Subido por Leazeel

458 Un balón para estudio atmosférico tiene 50kg de masa (incluyendo el gas), 110m³ de volumen y está sujeto a la tierra por medio de una cuerda. En la ausencia del viento, la cuerda permanece estirada y vertical. Considerando la densidad del aire igual a 1,3kg/m³ y g = 10m/s², calcule la intensidad de tracción sobre la cuerda.



459 Una esfera cuyo volumen es de 200cm³, hecha de un material cuya densidad es 0,8g/cm³, está totalmente sumergida en un tanque lleno de agua (densidad 1g/cm³) de profundidad 10m y se la abandona en el fondo. Considerando g = 10m/s² y $p_0 = 10^5 N/m^2$, calcule:

a) la presión que la esfera soporta en el fondo del tanque;

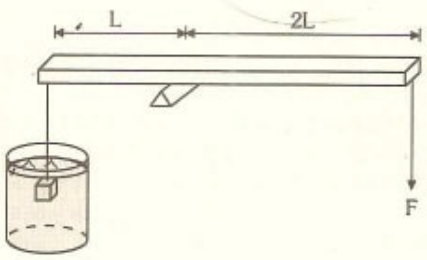
b) el módulo, la dirección y el sentido de la aceleración adquirida por la esfera;

c) la velocidad de la esfera cuando alcanza la superficie del agua;

d) el tiempo que la esfera empleará para alcanzar la superficie del agua.

460 Un cuerpo de m = 2kg de masa está en reposo, colgado de un hilo y se encuentra totalmente sumergido en un líquido. La fuerza de tracción en el hilo tiene una intensidad T = 16N. Calcule la aceleración adquirida por el cuerpo inmediatamente después de que el operador corta el hilo. Adopte g = 10m/s².

461 Un bloque cúbico (arista = 10cm), colgado por una cuerda sujeta en el extremo de una barra rígida, está sumergido en el agua (masa específica = 1g/cm³). Con la barra apoyada en un soporte, el sistema se mantiene en equilibrio por la acción de una fuerza F (módulo = 25N) aplicada en el otro extremo, conforme indica la figura.



Considerando la aceleración de la gravedad igual a 10m/s², realice lo siguiente:

a) represente las fuerzas que actúan sobre el bloque;

b) halle el empuje sobre el bloque;

c) calcule el peso del bloque;

d) determine la masa específica del bloque.

462 En una experiencia de laboratorio, los alumnos observaron que una esfera de masa especial se hundía en el agua. Arquímedes, un alumno creativo, puso sal en el agua y vio que la esfera flotó. Ulises consiguió el mismo efecto modelando la masa bajo la forma de un barquito. Explique, con argumentos de Física, los efectos observados por Arquímedes y por Ulises.

Subido por Leazeel

Tests

UNIDAD I — Introducción

1 ¿Cuál es el orden de magnitud del número de segundos contenidos en un mes?

a) 10^3 c) 10^5 e) 10^7
b) 10^4 d) 10^6

2 El intervalo de tiempo de 2,4min equivale, en unidades del Sistema Internacional, a:

a) 24s b) 124s c) 144s d) 160s e) 240s

3 En un edificio de 20 pisos (incluyendo la planta baja) el ascensor emplea 36s para ir de la planta baja hasta el 20º piso. Una persona en el piso X llama el ascensor, que está inicialmente en la planta baja, y 39,6s después de la llamada la persona alcanza la planta baja. Si no hubo paradas intermedias, y los tiempos de abrir y cerrar la puerta del ascensor y de entrada y salida de pasajeros son despreciables, se puede decir que el piso X es:

a) 9 b) 11 c) 16 d) 18 e) 19

UNIDAD II — Cinemática

4 La velocidad de 54km/h corresponde, en m/s, a:

a) 10 b) 15 c) 20 d) 27 e) 54

5 Una persona recorre 4km corriendo con una velocidad escalar media de 12km/h. El tiempo transcurrido es de:

a) 3,0min b) 8,0min c) 20min d) 30min e) 33min

6 Hace 500 años que Cristóbal Colón partió de Gomera (Islas Canarias) y llegó a Guanahani (Islas Bahamas), después de navegar cerca de 3 000 millas marinas (5 556km) durante 33 días. Considerando que un día tiene 86 400s, la velocidad media de la travesía oceánica, en unidades del Sistema Internacional, fue aproximadamente:

a) $2 \cdot 10^{-2}$m/s b) $2 \cdot 10^{-1}$m/s c) $2 \cdot 10^{0}$m/s d) $2 \cdot 10^{1}$m/s e) $2 \cdot 10^{2}$m/s

7 Un móvil se desplaza durante 10min con una velocidad constante de 5m/min y, después, durante 5min más con una velocidad constante de 8m/min. La velocidad media de ese móvil en m/min, en el intervalo de 15min, es:

a) 3,5 b) 6,0 c) 6,5 d) 13 e) 15

8 Una persona, caminando normalmente, tiene una velocidad del orden de 1m/s. ¿Qué distancia, aproximadamente, esa persona recorrerá, caminando durante 15min?

a) quince metros
b) ciento cincuenta metros
c) un kilómetro
d) diez kilómetros
e) noventa metros

9 Entre las ciudades A y B, que distan 180km una de la otra, hay un servicio de transporte por ómnibus. A cada hora un ómnibus sale de la primera a la segunda ciudad, transitando con una velocidad constante de 60km/h. Si se viaja en automóvil de A a B, también con una velocidad constante de 60km/h, habrá cruzamiento con los ómnibus que transitan en sentido contrario. El intervalo de tiempo entre dos cruzamientos sucesivos es:

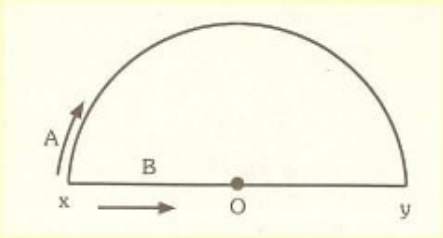
a) 10min b) 15min c) 30min d) 45min e) 1h

10 Dos móviles, A y B, parten de un mismo punto x con velocidades de 20m/s y 50m/s, respectivamente. El móvil A recorre una semicircunferencia, mientras que el móvil B recorre una trayectoria recta.

Subido por Leazeel

Sabiendo que la distancia Ox es de 1 000m, para que los dos móviles lleguen juntos al punto y el intervalo de tiempo entre sus partidas debe ser de:

a) 95s
b) 117s
c) 135s
d) 157s
e) 274s

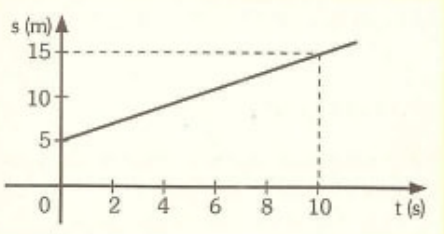


11 Dos automóviles, A y B, se desplazan sobre una misma carretera, en la misma dirección y en sentidos opuestos, animados, respectivamente, de velocidades constantes $v_A = 90km/h$ y $v_B = 60km/h$. En un determinado instante $t_0 = 0h$, pasan por el mismo punto de referencia. Al final de 15min, contados a partir del punto de referencia, la distancia entre los automóviles, en km, será de:

a) 10,0 b) 37,5 c) 42,7 d) 54,8 e) 81,3

12 Un objeto se desplaza con movimiento rectilíneo uniforme durante 30s. La figura representa el gráfico del espacio en función del tiempo. El espacio del objeto en el instante t = 30s, en metros, será:

a) 30
b) 35
c) 40
d) 45
e) 50



13 Cuando un conductor aumenta la velocidad escalar de su automóvil de 60km/h a 78km/h en 10s, él está comunicando al automóvil una aceleración escalar media, en m/s^2, de:

a) 18 b) 0,2 c) 5 d) 1,8 e) 0,5

14 Un avión parte del reposo y después de 20s despega con una velocidad de 360km/h. Admitiéndose la aceleración constante, ¿cuál es su valor en m/s^2?

a) 2 b) 5 c) 10 d) 18 e) 72

15 La tabla indica la velocidad instantánea de un objeto en intervalos de 1s.

Las velocidades instantáneas del objeto a los 3,60s y 5,80s son, respectivamente:

a) 15,7m/s y 20,5m/s
b) 13,8m/s y 22,6m/s
c) 14,5m/s y 19,5m/s
d) n.d.a.

tiempo (s)	velocidad (m/s)
0,00	6,20
1,00	8,50
2,00	10,8
3,00	13,1
4,00	15,4
5,00	17,7
6,00	20,0
7,00	22,3

16 La función horaria del movimiento de una partícula se expresa por $s = t^2 - 10t + 24$ en unidades del SI. La posición del móvil al cambiar de sentido es:

a) 24m b) −25m c) 25m d) 1m e) −1m

17 Un automóvil que parte del reposo emplea 5s para recorrer 25m en movimiento uniformemente variado. La velocidad final del automóvil es de:

a) 5,0m/s b) 10m/s c) 15m/s d) 20m/s e) 25m/s

18 Un tren posee una velocidad de 108km/h al pasar por un punto A y, después de recorrer 125m, pasa por un punto B con una velocidad de 72km/h. La distancia recorrida por el tren hasta detenerse, medida a partir del B, es:

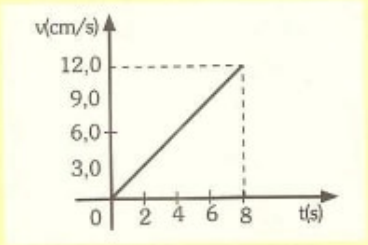
a) 50m b) 100m c) 225m d) 301m e) 426m

Subido por Leazeel

19 Un tren marcha con una velocidad de 20m/s cuando el maquinista ve un obstáculo a 50m delante de él. La desaceleración mínima que debe ser dada al tren para que no haya choque es de:

a) $4m/s^2$ b) $2m/s^2$ c) $1m/s^2$ d) $0,5m/s^2$ e) cero

Instrucciones para los planteamientos 20 y 21:
Estos planteamientos deben ser resueltos utilizando el gráfico, donde se representa la velocidad escalar (v) de un cuerpo en función del tiempo (t).



20 ¿Cuál fue la aceleración escalar media del cuerpo entre los instantes t = 0s y t = 8s, en cm/s^2?

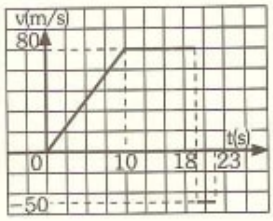
a) 0,75 b) 1,1 c) 1,5 d) 2 e) 3,2

21 ¿Cuál es la distancia recorrida por el cuerpo entre los instantes t = 0s y t = 8s, en cm?

a) 8,0 b) 12 c) 24 d) 48 e) 96

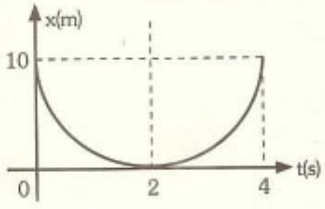
22 Una partícula describe un movimiento representado por el gráfico. Sabiendo que su posición inicial es de 100m, su posición final es de:

a) 1 290m
b) 1 390m
c) −3 810m
d) 89 000cm
e) −38 100dm



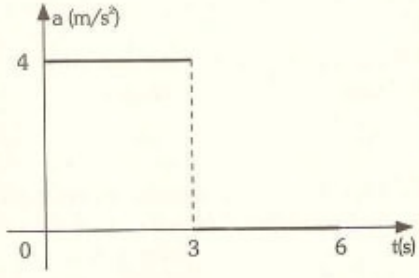
23 Un móvil se mueve sobre una recta, con su posición variando con el tiempo como indica el gráfico. La aceleración de ese movimiento es:

a) $2m/s^2$
b) $3m/s^2$
c) $4m/s^2$
d) $5m/s^2$
e) $6m/s^2$



24 Un móvil que parte del reposo ejecuta un movimiento rectilíneo cuya aceleración escalar varía con el tiempo conforme al diagrama. Se puede afirmar que, al final de 4s, el espacio recorrido es:

a) 45m
b) 100m
c) 180m
d) 30m
e) 50m



25 Un cuerpo es lanzado del suelo hacia arriba, con una velocidad inicial de 100m/s. Siendo $g = 10m/s^2$, ¿cuál es la altura en que se detiene y el tiempo que emplea en caer?

a) 1 000m, 100s b) 750m, 50s c) 500m, 25s d) 500m, 10s e) 350m, 5s

Subido por Leazeel

26 Lanzando una piedra verticalmente hacia arriba y considerando constante la aceleración de la gravedad y la resistencia del aire, se puede afirmar que:
a) el tiempo de subida es menor que el tiempo de bajada.
b) el tiempo de subida es mayor que el tiempo de bajada.
c) el tiempo de subida es igual al de bajada.
d) la fuerza de la resistencia del aire actúa en el mismo sentido de la gravedad tanto en la subida como en la bajada.
e) Ninguna de las afirmaciones es verdadera.

27 Un cuerpo es abandonado a partir del reposo y alcanza el suelo con una velocidad de 20m/s. Considerando $g = 10m/s^2$, el cuerpo cae de una altura de:
a) 200m b) 100m c) 50m d) 20m e) 10m

28 Una piedra, que parte del reposo, cae de una altura de 20m. Se desprecia la resistencia del aire y se adopta $g = 10m/s^2$. La velocidad de la piedra al alcanzar el suelo y el tiempo empleado en la caída, respectivamente, valen:
a) v = 20m/s y t = 2s b) v = 20m/s y t = 4s c) v = 10m/s y t = 2s d) v = 10m/s y t = 4s

29 Un cuerpo es abandonado en caída libre de lo alto de un edificio. Suponiendo la aceleración de la gravedad constante, de módulo $g = 10m/s^2$, y despreciando la resistencia del aire, la distancia recorrida por el cuerpo durante el quinto segundo es:
a) 125m b) 80cm c) 205m d) 5m e) 45m

30 Se lanza a un pozo una piedra verticalmente hacia abajo, con una velocidad inicial $v_0 = 10m/s$. Siendo la aceleración de la gravedad del lugar igual a $10m/s^2$ y sabiendo que la piedra emplea 2s para llegar al fondo del pozo, se puede concluir que la profundidad del pozo en metros es:
a) 30 b) 40 c) 50 d) 20 e) n.d.a.

31 Dos proyectiles iguales son lanzados de la misma posición (40 m por encima del suelo), verticalmente, en sentidos opuestos y con una misma velocidad. En 2s el primer proyectil alcanza el suelo. ¿Después de cuánto tiempo de la llegada del primero el segundo alcanzará el suelo? (Desprecie a cualquier rozamiento y considere $g = 10m/s^2$).
a) 1s b) 2s c) 3s d) 4s e) 5s

32 Un globo baja verticalmente, con una velocidad constante. A una altura de 100m, un objeto se desprende del globo y alcanza el suelo después de 4s. La velocidad de bajada del globo, considerando $g = 10m/s^2$, es:
a) 5m/s b) 25m/s c) 15m/s d) 10m/s e) 9m/s

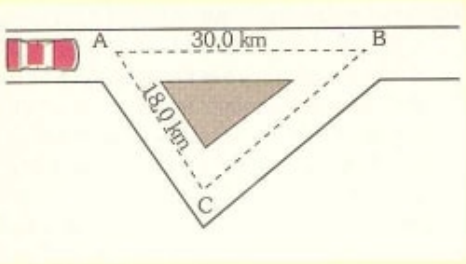
33 Los sucesivos desplazamientos efectuados por un automóvil, cuando se movió del punto P al punto Q, son: 40km hacia el norte, 40km hacia el este y 10km hacia el sur. Para volver de Q a P, la menor distancia que debe recorrer es:
a) 70km b) 90km c) 40km d) 50km

34 Se considera un reloj con cara circular de 10cm de radio y cuya manecilla del minutero tiene una longitud igual al radio de la cara. Se considera esa manecilla como un vector de origen en el centro del reloj y de dirección variable. El módulo de la suma de los tres vectores determinados por la posición de esa manecilla, cuando el reloj marca exactamente 12h, 12h 20min y también 12h 40min, es, en cm, igual a:
a) 30 b) $10(1 + \sqrt{3})$ c) 20 d) 0

35 Un barco con el motor a toda potencia sube un río a 20km/h y baja a 48km/h. En relación a un sistema de referencia fijo a las márgenes, la velocidad de las aguas del río es:
a) 14km/h b) 28km/h c) 34km/h d) 68km/h e) 18km/h

Subido por Leazeel

36 Para dirigir del punto A al punto B de la carretera de al lado, el vehículo tuvo que pasar por el punto C y empleó 15min. Con relación al plano de la carretera, el módulo del vector velocidad media entre A y B fue:



a) cero
b) 72km/h
c) 120km/h
d) 144km/h
e) 168km/h

37 Un barco emplea un tiempo mínimo de 5min para atravesar un río cuando no existe correntada. Sabiendo que la velocidad del barco en relación al río es de 4m/s, se puede decir que, cuando las aguas del río tuvieren una velocidad de 3m/s, el mismo barco empleará para atravesarlo, en lo mínimo:

a) 8min 45s b) 5min c) 6min 15s d) 4min e) 7min

38 El piloto de un barco pretende cruzar un río perpendicularmente a la dirección de la correntada, imponiendo al barco una trayectoria que realiza un ángulo de 30° con la dirección pretendida. Si la velocidad de la correntada es de 5km/h, la velocidad propia del barco, en km/h, debe ser:

a) 5,8 b) 7,2 c) 8,5 d) 10,0 e) 12,3

39 Un cuerpo A es lanzado oblicuamente hacia arriba de un punto P del suelo horizontal, con una velocidad que forma 60° con el suelo. En el mismo instante, otro cuerpo, B, apoyado en el suelo, pasa por P con una velocidad constante de 10m/s. Desprecie a todas las fuerzas resistentes y adopte $g = 10 m/s^2$. Para que el cuerpo A se encuentre nuevamente con B, su velocidad inicial debe tener módulo igual a:

a) 20m/s
b) 15m/s
c) 10m/s
d) 8m/s
e) 5m/s

Este enunciado corresponde a los planteamientos 40, 41 y 42. Un cañón dispara un proyectil con una velocidad v_0, formando un ángulo α con la horizontal. Si la aceleración de la gravedad es $\vec{g}$, despreciando la resistencia del aire, responda:

40 Si $v_0 = 20 m/s$, $g = 10 m/s^2$ y $\alpha = 30°$, entonces el tiempo de subida es:

a) 0,2s b) 1,0s c) 0,8s d) 0,9s e) 2,0s

41 Con los datos anteriores, el alcance horizontal vale:

a) $20\sqrt{3}$ m b) $7\sqrt{3}$ m c) $10\sqrt{3}$ m d) 5m e) 10m

42 Con los datos anteriores, la altura máxima será:

a) 2,5m b) 5,0m c) 10m d) 20m e) 40m

43 Un joven, parado en un plano horizontal a 3m de una pared, chuta una pelota, comunicándole una velocidad de 10m/s, de tal modo que su dirección forma, con la horizontal, un ángulo de 45°. La aceleración de la gravedad local es $10 m/s^2$ y la resistencia del aire puede ser despreciada. La pelota choca contra la pared a la altura de:

a) 2,1m b) 2,5m c) 3,0m d) 3,9m e) 0m

44 Para bombardear un blanco, un avión en vuelo horizontal, a una altura de 2km, suelta la bomba cuando su distancia horizontal hasta el blanco es de 4km. Se admite que la resistencia del aire sea despreciable. Para alcanzar el mismo blanco, si el avión vuela con la misma velocidad, pero a una altura de 0,50km, él tendría que soltar la bomba a una distancia horizontal del blanco igual a:

a) 0,25km b) 0,50km c) 1,0km d) 1,5km e) 2,0km

Subido por Leazeel

45 De las afirmaciones siguientes:

I. Cuando la velocidad del cuerpo es nula, su aceleración también es nula.

II. Cuando la aceleración de un cuerpo es nula, su velocidad también es nula.

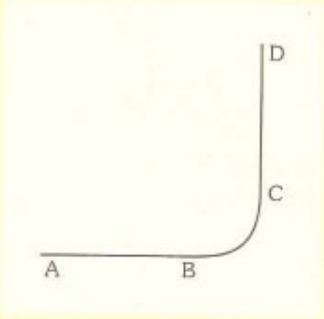
III. Los vectores velocidad y aceleración pueden ser perpendiculares entre sí.

a) Solamente I es correcta.
b) Solamente II es correcta.
c) Solamente III es correcta.
d) Sólo II y III son correctas.
e) I, II y III son correctas.

46 Una pista está constituida por tres trechos: dos rectilíneos, AB y CD, y uno circular, BC, conforme indica el esquema.

Si un automóvil recorre toda la pista con una velocidad escalar constante, el módulo de su aceleración será:

a) nulo en todos los trechos.
b) constante, no nulo, en todos los trechos.
c) constante, no nulo, en los trechos AB y CD.
d) constante, no nulo, en el trecho BC.
e) variable en el trecho BC.



47 Las manecillas de un reloj ejecutan un movimiento circular que puede ser considerado uniforme. La velocidad angular del segundero vale:

a) $\frac{\pi}{30}$rad/s b) $\frac{\pi}{20}$rad/s c) $\frac{\pi}{2}$rad/s d) πrad/s e) 2πrad/s

48 Un punto en movimiento circular uniforme describe 15 vueltas por segundo en una circunferencia de 8cm de radio. La velocidad angular, su periodo y su velocidad lineal son, respectivamente:

a) 20rad/s; $\frac{1}{15}$ s; 280πcm/s
b) 30rad/s; $\frac{1}{10}$ s; 160πcm/s
c) 30πrad/s; $\frac{1}{15}$ s; 240πcm/s
d) 60πrad/s; 15s; 240πcm/s
e) 40πrad/s; 15s; 200πcm/s

49 Las ruedas de un automóvil tienen 60cm de diámetro y realizan 5 vueltas por segundo. Se puede concluir que la velocidad de ese automóvil es, aproximadamente:

a) 9,42m/s b) 12,4m/s c) 18,8m/s d) 20,8m/s e) 25,6m/s

50 Después de 50min del inicio de una prueba ciclística, un participante recorrió 15,70km. Si el radio de las ruedas de la bicicleta mide 0,25m, la frecuencia media de la ruedas en rotaciones por minuto vale:

a) 0,02 b) 1,57 c) 10 d) 200 e) 10 000

51 Un carrusel gira uniformemente, efectuando una rotación completa cada 4s. Cada caballo ejecuta movimiento circular uniforme con frecuencia en rps (rotaciones por segundo) igual a:

a) 8,0 b) 4,0 c) 2,0 d) 0,5 e) 0,25

52 Un móvil recorre una trayectoria circular horizontal de 5m de radio, en movimiento circular uniforme, completando una vuelta en π segundos. La aceleración centrípeta, en módulo, será:

a) cero b) $15m/s^2$ c) $10m/s^2$ d) $20m/s^2$ e) $5m/s^2$

53 Un disco de 78 rpm tiene un rasguño recto del centro hacia el borde, lo que provoca, al tocar, un ruido periódico consecutivo. Puntos diferentes del rasguño tienen en común:

a) la velocidad escalar.
b) la aceleración centrípeta.
c) la velocidad escalar y la velocidad angular.
d) la velocidad angular.
e) la aceleración centrípeta y la velocidad angular.

Subido por Leazeel

54 Dos corredores compiten en una pista perfectamente circular. El corredor A recorre una pista interna y el B, una externa. Si ambos consiguen hacer el trayecto en el mismo tiempo, se puede afirmar que las velocidades lineales medias v_A y v_B y las velocidades angulares medias ω_A y ω_B de los dos corredores son, respectivamente, las siguientes relaciones:

a) $v_A > v_B$ y $\omega_A > \omega_B$
b) $v_A < v_B$ y $\omega_A = \omega_B$
c) $v_A = v_B$ y $\omega_A < \omega_B$
d) $v_A = v_B$ y $\omega_A > \omega_B$
e) $v_A = v_B$ y $\omega_A = \omega_B$

55 La velocidad angular media del minutero de un reloj en funcionamiento normal es, en radianes por segundo, igual a:

a) $\frac{\pi}{100}$ b) $\frac{\pi}{1\,800}$ c) $\frac{\pi}{3\,000}$ d) $\frac{\pi}{3\,600}$ e) $\frac{\pi}{6\,000}$

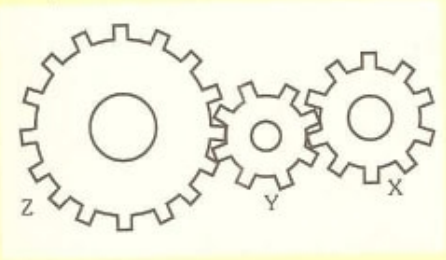
56 Una rueda de radio R_1 presenta velocidad lineal v_1 en los puntos situados en la superficie y velocidad lineal v_2 en los puntos que distan 5cm de la superficie. Siendo v_1 2,5 veces mayor que v_2, R_1 es aproximadamente igual a:

a) 6,3cm b) 7,5cm c) 8,3cm d) 12,5cm e) 13,3cm

57 La figura muestra un sistema de engranaje con tres discos acoplados, cada uno girando en torno al eje fijo. Los dientes de los discos son del mismo tamaño y el número de ellos a lo largo de su circunferencia es el siguiente: X = 30 dientes, Y = 10 dientes, Z = 40 dientes.

Si el disco X realiza 12 vueltas, el disco Z ejecutará:

a) 1
b) 4
c) 9
d) 16
e) 144



UNIDAD III — Dinámica

58 La inercia de una partícula de masa m se caracteriza:

I —por la incapacidad de esa partícula de modificar, por sí misma, su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme.

II —por la incapacidad de esa partícula de permanecer en reposo cuando una fuerza resultante es ejercida sobre ella.

III —por la capacidad de esa partícula de ejercer fuerzas sobre otras partículas.

De las afirmaciones anteriores, ¿cuáles son correctas?

a) Sólo II. b) Sólo III. c) Sólo I y II. d) Sólo I y III. e) I, II y III.

59 Una persona de 80kg de masa está en el polo Norte de la Tierra donde la aceleración de la gravedad es supuesta con módulo igual a $10 m/s^2$. La fuerza gravitacional que la persona aplica sobre el planeta Tierra:

a) es prácticamente nula.
b) tiene una intensidad igual a 80kg.
c) tiene una intensidad igual a 80N.
d) tiene una intensidad igual a 800N y está aplicada en el suelo donde la persona pisa.
e) tiene una intensidad igual a 800N y está aplicada en el centro de gravedad de la Tierra.

60 Un libro está en reposo sobre una mesa. La fuerza de reacción al peso del libro es:

a) la fuerza normal.
b) la fuerza que la Tierra ejerce sobre el libro.
c) la fuerza que el libro ejerce sobre la Tierra.
d) la fuerza que la mesa ejerce sobre el libro.
e) la fuerza que el libro ejerce sobre la mesa.

Subido por Leazeel

61 Dos fuerzas de módulo igual a 1N actúan sobre un cuerpo, formando entre sí un ángulo de 90°. ¿Cuál es el módulo de la resultante de esas fuerzas?

a) 1,0N b) $\sqrt{3}$N c) $\sqrt{2}$N d) 2N e) 4N

62 Las dos fuerzas que actúan sobre una gota de lluvia, la fuerza peso y la fuerza debida a la resistencia del aire, tienen la misma dirección y sentidos opuestos. A partir de la altura de 125m por encima del suelo, teniendo la gota una velocidad de 8m/s, esas dos fuerzas tienen el mismo módulo. La gota alcanza el suelo con una velocidad de:

a) 8m/s b) 35m/s c) 42m/s d) 50m/s e) 58m/s

63 Un bloque de 5kg que se desliza sobre un plano horizontal está sujeto a las fuerzas F = 15N, horizontal y hacia la derecha, y f = 5N, horizontal y hacia la izquierda. La aceleración del cuerpo es:

a) 2 $\frac{m}{s^2}$ b) 3 $\frac{m}{s^2}$ c) 5 $\frac{m}{s^2}$ d) 7 $\frac{m}{s^2}$ e) 10 $\frac{m}{s^2}$

64 Sobre un cuerpo de 5kg de masa, inicialmente en reposo, actúa una fuerza resultante constante de 30N. ¿Cuál es la velocidad del cuerpo después de 5s?

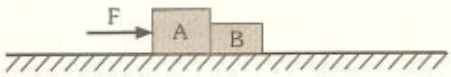
a) 5m/s b) 6m/s c) 25m/s d) 30m/s e) 150m/s

65 Una nave interestelar es acelerada por su motor, en el espacio sideral, con una aceleración de 2g (donde g es la aceleración de la gravedad). Otra nave, de masa cuatro veces mayor, posee un motor capaz de ejercer el doble de la fuerza que ejerce el de la primera nave. La aceleración de la segunda nave, bajo la acción de su motor, será:

a) 2g b) $\frac{g}{2}$ c) g d) 4g e) 8g

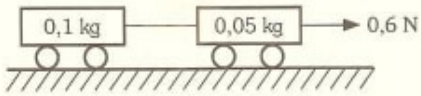
66 Dos bloques, A y B, de 1kg y 2kg de masa, respectivamente, están apoyados sobre una superficie horizontal sin rozamiento. Sobre ellos actúa una fuerza horizontal de 6N. La fuerza que el bloque B ejerce sobre el bloque A es:

a) 0 c) 3N e) 2N
b) 6N d) 4N



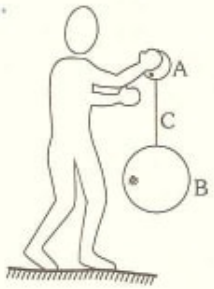
67 Dos carritos de 0,1kg y 0,05kg de masa, unidos entre sí, son estirados horizontalmente por una fuerza de 0,6N. Despreciándose los rozamientos, la fuerza sobre el carrito de mayor masa es, en newtons, de:

a) 0,10 c) 0,2 e) 0,6
b) 0,15 d) 0,4



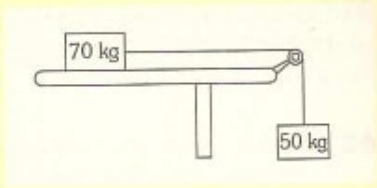
68 Una persona sostiene una esfera A de 1kg que está sujeta a una cuerda inextensible C de 200g, la cual, a su vez, tiene sujeta en el otro extremo una esfera B de 3kg, como indica la figura. La persona suelta la esfera A. Mientras el sistema está cayendo y despreciándose la resistencia del aire, se puede afirmar que la tensión en la cuerda vale:

a) cero d) 20N
b) 2N e) 30N
c) 10N



Subido por Leazeel

69 La figura muestra un cuerpo de 70kg de masa, sobre una mesa horizontal, unido por una cuerda a un segundo cuerpo de 50kg de masa. Sabiendo que la masa de la cuerda es despreciable, como todas las fuerzas de rozamiento, indique el valor de la aceleración del cuerpo de 50kg de masa. Adopte $g = 10m/s^2$.



a) $9,8m/s^2$ c) $4,1m/s^2$ e) $6,9m/s^2$
b) $10,0m/s^2$ d) $0,0m/s^2$

70 Un ascensor cuyo peso es de 1 200N baja con una aceleración constante de $1m/s^2$. Admitiendo $g = 10m/s^2$, se puede afirmar que la tracción en el cabo es de:

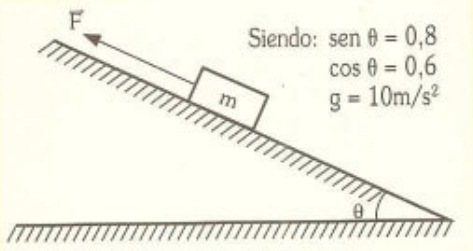
a) 980N b) 890N c) 1 100N d) 1 080N e) n.d.a.

71 Un cuerpo de 4kg de masa es abandonado en un plano inclinado con una inclinación de 30°. No habiendo rozamiento entre el cuerpo y el plano y considerando $g = 10m/s^2$ y la resistencia del aire despreciable, determine la aceleración a la que el cuerpo queda sometido.

a) 0 b) $5m/s^2$ c) $1,0m/s^2$ d) $1,5m/s^2$ e) $2,5m/s^2$

72 Un bloque de 5kg de masa es arrastrado a lo largo de un plano inclinado sin rozamiento, conforme indica la figura. Para que el bloque adquiera una aceleración de $3m/s^2$ hacia arriba, la intensidad de $\vec{F}$ debe ser:

a) igual al peso del bloque.
b) menor que el peso del bloque.
c) igual a la reacción del plano.
d) igual a 55N.
e) n.d.a.



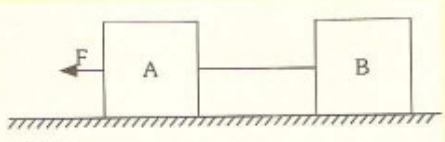
73 Un dinamómetro está construido de un resorte cuya constante elástica es $k = 80N/m$. Se puede afirmar que un desplazamiento de 1cm en la escala de ese dinamómetro corresponde, en newtons, a una fuerza de:

a) 0,8 b) 80 c) 1,0 d) 800 e) 10

74 Un bloque de masa m es estirado por una fuerza constante horizontal de 20N sobre una superficie plana horizontal, adquiriendo una aceleración constante de $3m/s^2$. Sabiendo que existe una fuerza de rozamiento entre la superficie y el bloque, que vale 8N, calcule m.

a) 5kg b) 4kg c) 12kg d) 16kg e) 17kg

El gráfico de al lado se refiere a los planteamientos 75, 76 y 77. Se dan dos cuerpos, A y B, de 15kg y 25kg de masa, respectivamente, apoyados en un plano horizontal. Un hilo de masa despreciable (ideal) une los dos cuerpos y una fuerza horizontal $\vec{F}$, constante, de 40N de intensidad, estira el sistema hacia la izquierda. Adopte $g = 10m/s^2$.



75 ¿Cuál es la aceleración del sistema si no hay fuerza de rozamiento?

a) $10,0m/s^2$ b) $2,5m/s^2$ c) $1,5m/s^2$ d) $1,0m/s^2$ e) $0,0m/s^2$

76 ¿Cuál es el coeficiente de rozamiento si la aceleración es de $0,9m/s^2$?

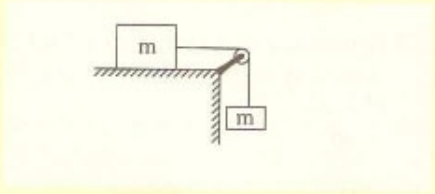
a) 0,1
b) 0,01
c) 10,0
d) 100,0
e) Este movimiento no puede existir.

Subido por Leazeel

77 ¿Cuál es el módulo de la tracción en los dos casos descritos, con rozamiento y sin rozamiento, respectivamente?

a) 10N y 20N b) 15N y 20N c) 25N y 20N d) 20N y 25N e) 25N y 25N

78 Dos bloques idénticos, ambos con masa m, están unidos por un hilo liviano y flexible. Adopte $g = 10m/s^2$. La polea es liviana y el coeficiente de rozamiento del bloque con la superficie es $\mu = 0,2$. La aceleración de los bloques es:



a) $10m/s^2$ c) $5m/s^2$ e) nula
b) $6m/s^2$ d) $4m/s^2$

79 Cuando un bloque de 5kg de masa es abandonado de lo alto de un plano inclinado que forma un ángulo β con la horizontal, el coeficiente de rozamiento entre el bloque y el plano es 0,3, $g = 10m/s^2$, sen $\beta = 0,6$ y cos $\beta = 0,8$, él adquiere una aceleración en m/s^2 igual a:

a) 10 b) 8 c) 6,4 d) 3,6 e) cero

80 Un cuerpo de 2kg de masa en movimiento circular uniforme y de 3m de radio, lleva π segundos para describir una vuelta completa en la circunferencia. La fuerza centrípeta que actúa en el cuerpo vale:

a) 12N b) 24N c) 10N d) 8N e) n.d.a.

81 Una esfera de 0,50kg de masa oscila en el vacío colgada por un hilo de 1m de longitud. Al pasar por la parte más baja de la trayectoria, tiene una velocidad de $\sqrt{10}$ m/s. Siendo $g = 10m/s^2$, el valor de la fuerza de tracción en el hilo, en la parte más baja de la trayectoria, es un valor expresado en N más próximo a:

a) 10 b) 8,0 c) 7,5 d) 5,0 e) cero

82 En las conmemoraciones de aniversario de una ciudad, el aeroclub promueve un show en el cual tres aviadores realizan un looping. Sabiendo que el radio de la trayectoria es de 360m, ¿cuál es la velocidad mínima de cada avión para que el espectáculo sea coronado de éxito? Siendo: $g = 10m/s^2$.

a) 60km/h b) 216km/h c) 36km/h d) 360km/h e) 160km/h

83 Un automóvil de 10^3kg de masa recorre, con una velocidad escalar de 20m/s, un trecho circular de 80m de radio, en una carretera plana horizontal. El mínimo coeficiente de rozamiento entre los neumáticos y la pista, para que las ruedas no patinen, debe ser:

a) 1,0 b) 0,8 c) 0,5 d) 0,2 e) 0,1

84 Un bloque de 0,2kg está sobre un disco horizontal en reposo, a 0,1m de distancia del centro. El disco comienza a girar, aumentando lentamente la velocidad angular. Por encima de una velocidad angular crítica de 10rad/s, el bloque comienza a patinar. ¿Cuál es la intensidad máxima de la fuerza de rozamiento que actúa sobre el bloque?

a) 1N b) 2N c) 3N d) 4N e) 5N

85 La segunda ley de Kepler (ley de las áreas) permite concluir que un planeta posee:

a) mayor velocidad cuando se encuentra más lejos del Sol.
b) mayor velocidad cuando se encuentra más cerca del Sol.
c) menor velocidad cuando se encuentra más cerca del Sol.
d) velocidad constante en toda su trayectoria.
e) n.d.a.

86 Considere las afirmaciones:

I. Cuerpos de masas diferentes que se dejan caer desde un mismo punto en el vacío, caen con la misma aceleración.

II. Cuerpos de volúmenes diferentes, que se dejan caer desde un mismo punto en el vacío, caen con la misma aceleración.

Subido por Leazeel

III. La aceleración de la gravedad es menor en el ecuador que en los polos de la Tierra.
Señale la alternativa verdadera:
a) Sólo I y II son correctas.
b) Sólo III es correcta.
c) Sólo I es correcta.
d) I, II y III son correctas.

87 La intensidad de la fuerza gravitacional con que la Tierra atrae la Luna es igual a $\vec{F}$. Si fuesen duplicadas la masa de la Tierra y de la Luna y si la distancia que las separa fuese reducida a la mitad, la nueva fuerza sería de:
a) 16F b) 8F c) 4F d) 2F e) F

88 Considere las tres situaciones:
I. un satélite artificial en órbita en torno a la Tierra;
II. un automóvil en una carretera horizontal, rectilínea, con una velocidad constante de 80km/h;
III. una piedra cayendo de una altura de 10m.
Se puede decir que la fuerza resultante que actúa en cada objeto es nula:
a) Solamente en I. b) Solamente en II. c) Solamente en III. d) En I y II. e) En I y III.

89 Si existiese un planeta cuya masa fuese el doble de la masa de la Tierra y cuyo radio fuese el doble del terrestre, la aceleración de la gravedad en la superficie del planeta sería aproximadamente, en m/s^2, igual a:
a) 20 b) 10 c) 7,5 d) 5,0 e) 2,5

90 Se sabe que el radio del planeta Mercurio es 0,4 veces el radio de la Tierra y que su masa es sólo 0,04 veces la masa de la Tierra. ¿El peso de un objeto en Mercurio sería cuántas veces el peso del mismo objeto en la Tierra?
a) 25 veces menor
b) 4 veces menor
c) 6,25 veces menor
d) igual
e) 2 veces mayor

91 La fuerza $\vec{F}$ de 30N de módulo actúa sobre un objeto, formando un ángulo constante de 60° con la dirección del desplazamiento d del objeto. Siendo $\text{sen } 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos 60° = \frac{1}{2}$ y si d = 10m, el trabajo realizado por la fuerza $\vec{F}$, en joules, es igual a:
a) 300 b) $150\sqrt{3}$ c) 150 d) 125 e) 100

92 Un cuerpo de 2kg de masa y velocidad inicial de 2m/s se desplaza en línea recta por 3m, adquiriendo velocidad final de 3m/s. El trabajo realizado y el valor aproximado de la fuerza resultante valen, respectivamente:
a) cero J y cero N b) 1J y 1,6N c) 1,6J y 5N d) 5J y 1,6N e) 1,6J y 1,6N

93 Una persona sube un tramo de una escalera con velocidad constante, realizando un trabajo T, con una potencia P. Si la misma persona subiese el mismo tramo en el doble del tiempo, se tendría:
a) trabajo realizado T, con potencia P.
b) trabajo realizado 2T, con potencia 2P.
c) trabajo realizado $\frac{T}{2}$, con potencia $\frac{P}{2}$.
d) trabajo realizado T, con potencia $\frac{P}{2}$.
e) trabajo realizado $\frac{T}{2}$, con potencia P.

94 Una grúa eleva verticalmente una carga de 100kg de masa a una altura de 20m, con una velocidad constante, en un intervalo de tiempo de 5s. Considerando $g = 10m/s^2$, la potencia utilizada por la grúa es del orden de:
a) 1 000W b) 2 000W c) 3 000W d) 4 000W e) 18 556W

95 Un dispositivo consume 1 000W realizando un trabajo de 3 200J en 4s. Su rendimiento vale:
a) 25% b) 75% c) 20% d) 80% e) 100%

Subido por Leazeel

96 Un río, en un cierto punto, presenta un desnivel de 5m propiciando una caída de agua aprovechable para instalación de una minihidroeléctrica. Siendo el caudal en la caída de 10 litros por segundo y considerando la masa de un litro de agua igual a 1kg y $g = 10m/s^2$, entonces la potencia máxima que se puede obtener en esa caída es:

a) $1,0 \cdot 10^2W$ b) $5,0 \cdot 10^2W$ c) $1,0 \cdot 10^3W$ d) $5,0 \cdot 10^3W$ e) $1,0 \cdot 10^4W$

97 Un motor de automóvil desarrolla una potencia media de 20HP para mantener el vehículo a la velocidad de 60km/h. ¿Cuál es la fuerza media que se opone al movimiento? (1HP = 746watts)

a) 895,2N b) 906,4N c) 906,4kgf d) 91,3kgf e) 91,3N

98 Una fuerza resultante actúa sobre un cuerpo de 10kg que se encuentra en reposo sobre una superficie perfectamente lisa. La velocidad de ese cuerpo, cuando el trabajo realizado por esa fuerza resultante es 320J, vale:

a) 10m/s b) 8m/s c) 6m/s d) 4m/s e) 2m/s

99 En un determinado intervalo de tiempo, un ascensor de 400kg, en movimiento ascendente, varía su velocidad de 1m/s a 2m/s. El valor del trabajo de la fuerza resultante sobre el ascensor, en ese intervalo de tiempo, es, en joules, igual a:

a) $2,0 \cdot 10^2$ b) $4,0 \cdot 10^2$ c) $6,0 \cdot 10^2$ d) $8,0 \cdot 10^2$ e) $1,6 \cdot 10^3$

El siguiente enunciado se refiere a los planteamientos 100 y 101.
Una bala de revólver de 20g de masa tiene una velocidad de 100m/s. Esa bala alcanza el tronco de un árbol y en él penetra hasta una cierta distancia, hasta detenerse.

100 La energía cinética de la bala antes de la colisión con el árbol era, en joules:

a) 10^{-1} b) 10 c) 10^2 d) 10^4 e) 10^5

101 El trabajo de la fuerza resistente que el tronco ejerce en la bala, en joules, es:

a) 0 b) 10^{-1} c) -10 d) -10^2 e) -10^4

102 En una exclusa, un barco de $6 \cdot 10^4$kg de masa es levantado 8m. Adoptando $g = 10m/s^2$, la variación de la energía potencial gravitacional del barco, en joules, es:

a) $2,4 \cdot 10^5$ b) $4,8 \cdot 10^5$ c) $7,2 \cdot 10^6$ d) $9,6 \cdot 10^6$ e) $4,8 \cdot 10^7$

103 Un cuerpo de 2kg de masa es lanzado a lo alto, en la vertical, con una velocidad inicial de 30m/s. En el punto más alto de su trayectoria la energía potencial del cuerpo en relación al punto de partida es:

a) 60J b) 150J c) 300J d) 600J e) 900J

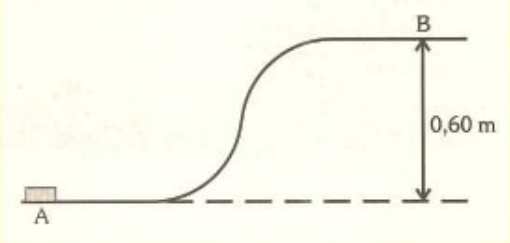
104 Sobre un resorte actúa una fuerza elástica del tipo $F = kx$, donde $k = 150N/m$ y x es la deformación que en él se produce. La longitud del resorte pasa entonces de 2,500cm a 2,000cm. Por efecto de esa deformación, el aumento de la energía potencial, en joules, acumulada en el resorte es:

a) 150,0 b) 75,00 c) 37,50 d) 0,06000 e) $1,875 \cdot 10^{-3}$

105 En la rampa, supuesta sin rozamiento, un cuerpo de 2kg de masa es lanzado horizontalmente, pasando por A con una velocidad de 4m/s. Adoptando $g = 10m/s^2$, al pasar por B, su velocidad, en m/s, será de:

a) 4,0 c) 2,0 e) cero

b) 3,0 d) 1,0

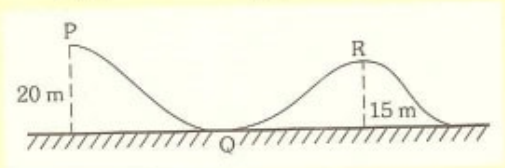


Subido por Leazeel

106 Una piedra de 2kg es lanzada del suelo verticalmente hacia arriba, con una energía cinética de 500J. Adopte $g = 10m/s^2$. Si en un determinado instante su velocidad es de 10m/s, ella estará a una altura del suelo, en metros, de:

a) 50 b) 40 c) 30 d) 20 e) 10

107 En una montaña rusa, un carrito parte del reposo del punto P, recorriendo el perfil mostrado en la figura, sin rozamiento. Considerando $g = 10m/s^2$, la velocidad del carrito en el punto R, admitiéndose que él no abandona la pista, es:



a) 10m/s b) 20m/s c) 15m/s d) 25m/s

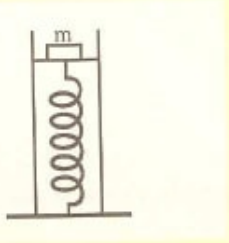
108 Un niño, inicialmente en reposo, se encuentra sobre un tobogán de 2,4m de altura. Al bajar deslizándose, ocurre una pérdida de 25% de la energía mecánica inicial debido a las fuerzas disipativas. Suponiendo que la aceleración de la gravedad en el lugar es de $10m/s^2$, calcule la velocidad en m/s con que el niño alcanza el suelo.

a) 4 b) 6 c) 7 d) 9 e) 10

109 Un objeto cae de una altura de 5m, exactamente sobre un resorte de constante elástica 5 000N/m, comprimiéndolo 20cm. Considerando $g = 10m/s^2$, ese objeto tiene masa de:

a) 2kg b) 4kg c) 6kg d) 8kg e) 20 000kg

110 Un resorte de constante elástica k = 60N/m, dispuesto verticalmente, conforme indica la figura, soporta una masa m = 100g. El resorte es comprimido 0,1m y en seguida liberado, proyectando la masa m verticalmente hacia arriba. Siendo $g = 10m/s^2$, la altura que la masa alcanza a partir de la posición en que es liberada es:



a) 0,50m
b) 0,10m
c) 1,00m
d) 0,60m
e) 0,30m

111 Un vehículo de 0,3kg parte del reposo con una aceleración constante 10s después de encontrarse a 40m de la posición inicial. ¿Cuál es el valor de la cantidad de movimiento en ese instante?

a) 2,4kg · m/s b) 6,0kg · m/s c) 60kg · m/s d) 120kg · m/s e) 400kg · m/s

112 Dos cuerpos de masas desiguales se deslizan a lo largo de un plano horizontal con velocidades constantes y desiguales. Siendo ambos detenidos en el mismo intervalo de tiempo, la fuerza desaceleradora más intensa es necesaria para el cuerpo de mayor:

a) masa. c) cantidad de movimiento e) aceleración.
b) velocidad. d) inercia.

113 Un cañón colocado en una superficie horizontal sin rozamiento dispara un proyectil de 50kg con una velocidad horizontal de 400m/s. Se puede afirmar que la cantidad de movimiento (momento lineal) de retroceso del cañón es, en kg · m/s:

a) cero b) 8 c) 50 d) 400 e) 20 000

114 Una pelota de 0,5kg de masa, inicialmente detenida, adquiere una velocidad de 50m/s, después de ser chutada. ¿Cuál sería el módulo de la fuerza constante que provoca esa variación de velocidad en un intervalo de tiempo de 0,25s?

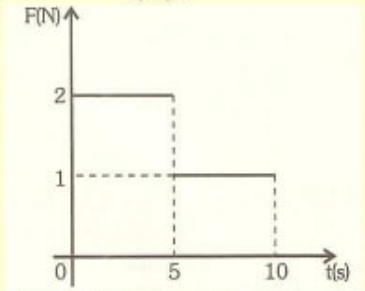
a) 25N b) 50N c) 100N d) 200N e) 500N

Subido por Leazeel

115 Un hombre sobre patines está en reposo en la superficie congelada de un lago. En un determinado momento lanza, hacia adelante, una piedra de 10kg que adquiere velocidad horizontal de 8m/s. Siendo despreciable el rozamiento entre los patines y el hielo, el hombre, que tiene 80kg de masa, adquiere una velocidad que vale, en m/s:

a) 10 b) 5,0 c) 2,0 d) 1,0 e) 0,10

116 El gráfico representa la intensidad de la fuerza resultante que actúa en un cuerpo en función del tiempo. Si la cantidad de movimiento del cuerpo en t = 0 es 15kg · m/s y si la fuerza resultante actúa en la misma dirección pero en sentido opuesto al de su movimiento, su velocidad en el instante t = 10s es, en m/s, igual a:



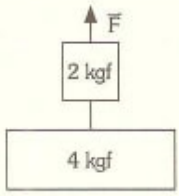
a) 0 c) 10 e) 20
b) 5 d) 15

117 Un carrito de 2kg de masa se mueve horizontalmente con una velocidad de 3m/s, en dirección a otro carrito de 1kg de masa, en reposo. Después del choque ellos permanecen unidos. Admitiéndose que el sistema es aislado, la velocidad en m/s del conjunto después de la colisión es de:

a) 2,0 b) 1,5 c) 1,0 d) 0,5 e) 0

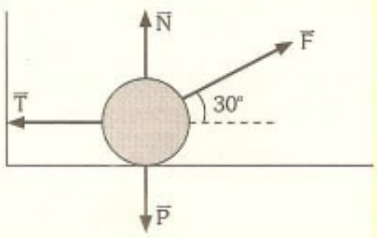
UNIDAD IV — Estática

118 Dos bloques en posición vertical están unidos por una cuerda. Otra cuerda es amarrada al bloque superior. La fuerza $\vec{F}$ necesaria para mantener el sistema en reposo vale, en kgf:



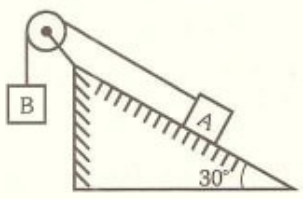
a) 2 c) 4 e) $\sqrt{20}$
b) 3 d) 6

119 La figura representa una esfera de $10 \cdot \sqrt{3}$ N de peso, apoyada sobre una superficie horizontal sujeta a la pared vertical por medio de un hilo inextensible y de masa despreciable. Siendo sen $30° = \frac{1}{2}$, cos $30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$, F = 20 $\sqrt{3}$ N, las intensidades de T y N son, respectivamente:



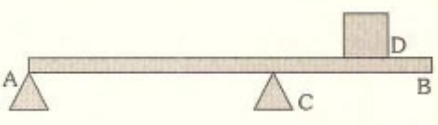
a) 30N y 0 c) 20 $\sqrt{3}$N y 20 $\sqrt{3}$N
b) 30N y 20 $\sqrt{3}$N d) 15 $\sqrt{3}$N y 20 $\sqrt{3}$N

120 En el sistema mecánico de la figura, que está en equilibrio, el cuerpo A tiene 4kg de masa y el cuerpo B tiene masa m. La aceleración de la gravedad en el lugar es de 9,8m/s²; el hilo que une los cuerpos A y B es ideal, así como la polea por la que pasa el hilo. El rozamiento y la resistencia del aire son despreciables. Siendo sen $30° = \frac{1}{2}$, cos $30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$. En esta situación el valor de m es de:



a) 1kg c) 3kg e) 10kg
b) 2kg d) 4kg

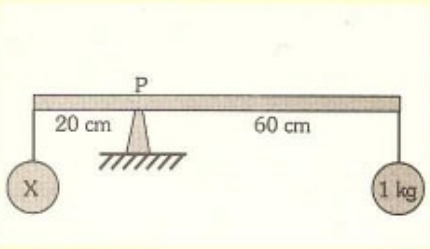
121 La barra AB es uniforme, pesa 50N y tiene 10m de longitud. El bloque D pesa 30N y dista 8m de A. La distancia entre los puntos de apoyo de la barra es AC = 7m. Calcule la reacción en el extremo A.



a) 14,0N c) 20,0N e) 8,0N
b) 7,0N d) 10,0N

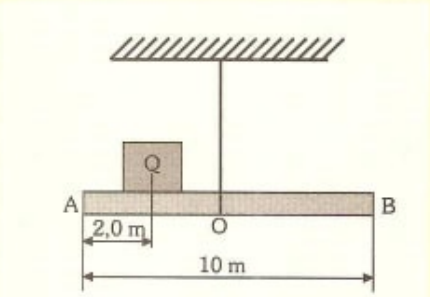
Subido por Leazeel

122 En la figura está representada una barra rígida apoyada en P. En un extremo está colgado un cuerpo de 1kg de masa. ¿Cuál debe ser la masa X del otro cuerpo, que está colgado en el otro extremo, para que el sistema quede en equilibrio en la posición indicada en la figura? (Considere despreciables la masa de la barra y los rozamientos y adopte $g = 10 m/s^2$.)



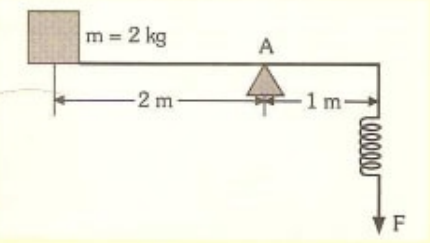
a) 1,0kg c) 2,0kg e) 3,0kg
b) 1,5kg d) 2,5kg

123 Una barra homogénea AB tiene 10m de longitud y 200N de peso. A 2m del extremo A se coloca un cuerpo Q de 100N. Suspendida por el punto O, la barra queda en equilibrio en la posición horizontal. La distancia en metros del punto O al extremo A de la barra vale:



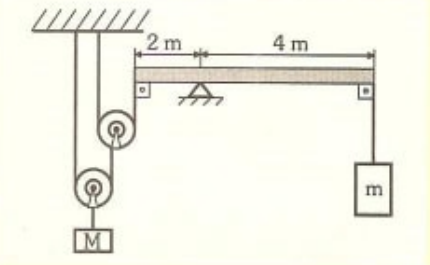
a) 2,0 c) 3,0 e) 4,0
b) 2,5 d) 3,5

124 En la situación de la figura, la barra está en equilibrio, apoyada en A, y el resorte está estirado 10cm. Si se desprecia al peso de la barra, la constante elástica del resorte será:



a) $400 \frac{N}{m}$ c) $40 \frac{N}{m}$ e) $60 \frac{N}{m}$
b) $600 \frac{N}{m}$ d) $20 \frac{N}{m}$

125 El sistema de la figura está en equilibrio y los pesos de la barra y de las poleas pueden ser ignorados. La razón entre las masas $\frac{M}{m}$ es:



a) 8 c) 4 e) 6
b) $\frac{1}{8}$ d) 2

126 En una palanca interfija, una fuerza motriz de 2 unidades equilibra una resistencia de 50 unidades. El brazo de la fuerza motriz mide 2,5m; la longitud del brazo de la resistencia es:

a) 1m b) 5m c) 0,1m d) 125m e) n.d.a.

UNIDAD V — Hidrostática

127 ¿Cuál es, en gramos, la masa de un volumen de $50cm^3$ de un líquido cuya densidad es igual a $2g/cm^3$?

a) 25 b) 50 c) 75 d) 100 e) 125

128 Un tambor lleno de gasolina tiene área de base $A = 0,75m^2$ y altura h = 2m. ¿Cuál es la masa de la gasolina contenida en el tambor? ($d = 0,70g/cm^3$)

a) 1,05kg b) $1,05 \cdot 10^3$kg c) 0,375kg d) $0,375 \cdot 10^3$kg e) $0,21 \cdot 10^3$kg

Subido por Leazeel

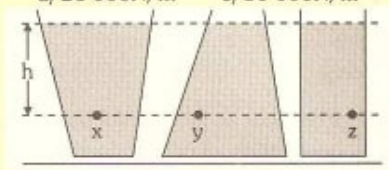
129 Un frasco de vidrio vacío pesa 0,12N. Este frasco, lleno de gasolina, pesa 0,42N y, lleno de agua, 0,52N. Determine la masa específica de la gasolina, en kg/m³. ($\mu_{H_2O} = 1 \cdot 10^3 kg/m^3$; $g = 10m/s^2$)

a) $0,52 \cdot 10^3$ b) $0,75 \cdot 10^3$ c) $1,00 \cdot 10^3$ d) $1,33 \cdot 10^3$ e) $1,67 \cdot 10^3$

130 Una persona cuyo peso es 720N está detenida y apoyada sobre los dos pies. El área de la suela de cada zapato es $120cm^2$. Determine la presión en N/m^2 que la persona ejerce en el suelo.

a) $10\,000N/m^2$ b) $1\,000N/m^2$ c) $1\,750N/m^2$ d) $21\,000N/m^2$ e) $30\,000N/m^2$

131 Las figuras representan tres recipientes conteniendo el mismo líquido. Los puntos x, y y z se encuentran a una profundidad h. Con relación a la presión p_x, p_y y p_z en los puntos x, y y z, se puede concluir que:



a) $p_y < p_x$ b) $p_x = p_y = p_z$ c) $p_y > p_x$ d) $p_y < p_z$ e) $p_y > p_z$

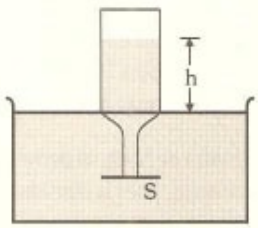
132 Un barril contiene aceite hasta $\frac{1}{4}$ de su altura. Después de una lluvia intensa, queda totalmente lleno, sin llegar a derramarse. Si la altura del barril es 1m, la presión en el fondo, después de la lluvia, debida solamente a su contenido será de: (Siendo: $\mu_{aceite} = 0,8g/cm^3$; $\mu_{agua} = 1g/cm^3$ y $g = 10m/s^2$.)

a) $950N/m^2$ b) $9\,000N/m^2$ c) $1\,800N/m^2$ d) $9\,500N/m^2$ d) $900N/m^2$

133 Sumergido en un lago, un buzo constata que la presión absoluta en el medidor que se encuentra en su pulso corresponde a $1,6 \cdot 10^5 N/m^2$. Un barómetro indica la presión atmosférica local de $1,0 \cdot 10^5 N/m^2$. Considere la masa específica del agua $10^3 kg/m^3$ y la aceleración de la gravedad $10m/s^2$. En relación a la superficie, el buzo se encuentra a una profundidad de:

a) 1,6m b) 6,0m c) 16m d) 5,0m e) 10m

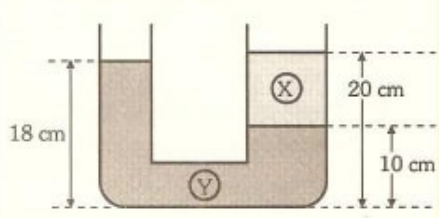
134 La figura representa una botella invertida, parcialmente llena de agua, con la boca inicialmente tapada por una placa S. Removida la placa, se observa que la altura h de la columna del agua aumenta. Siendo p_i y p_f las presiones en la parte superior de la botella, con o sin tapa y p la presión atmosférica, se puede afirmar que:



a) $p = p_i - p_f$ c) $p = \frac{p_i + p_f}{2}$ e) $p > p_f$

b) $p_i > p$ d) $p_f < p_i$

135 En el esquema se indica que X e Y son dos líquidos no miscibles y homogéneos, contenidos en un sistema de vasos comunicantes en equilibrio hidrostático. ¿Cuál es el valor que más se aproxima a la densidad del líquido Y en relación al líquido X?



a) 0,80 c) 1,1 e) 2,5

b) 0,90 d) 1,3

136 Una prensa hidráulica tiene dos pistones cilíndricos de secciones rectas de áreas iguales a $30cm^2$ y $70cm^2$. La intensidad de la fuerza transmitida al émbolo mayor, cuando se aplica al menor una fuerza de 600N de intensidad, es:

a) 1 200N b) 1 400N c) 1 600N d) 2 100N e) 2 400N

Este enunciado se refiere a los tests 137 y 138.
Una prensa hidráulica tiene émbolos de 4cm y 16cm de diámetros, respectivamente.

137 La fuerza ejercida sobre el émbolo mayor, cuando se aplica una fuerza de 900N sobre el menor, será de:

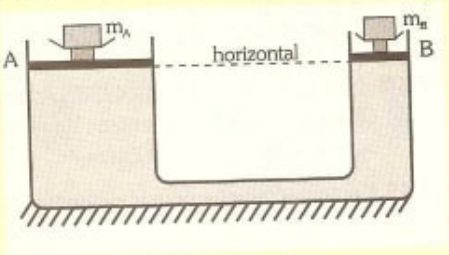
a) 14 000N b) 14 400N c) 28 800N d) 2 880N e) 1 440N

Subido por Leazeel

138 El desplazamiento del émbolo mayor, cuando el menor se desplaza 8cm, será:

a) 8,0cm b) 5,0cm c) 0,2cm d) 0,5cm e) 2,0cm

139 Considere el aparejo de la figura, donde un líquido está confinado en la región delimitada por los émbolos A y B, de áreas A = 80cm² y B = 20cm², respectivamente. El sistema está en equilibrio. Desprecie a los pesos de los émbolos y los rozamientos. Si m_A = 4kg, ¿cuál es el valor de m_B?



a) 4kg c) 1kg e) 2kg

b) 16kg d) 8kg

140 Dentro del agua las personas se sienten más livianas en virtud de la fuerza ejercida por el agua sobre el cuerpo sumergido. A esta fuerza descrita por el principio de Arquímedes se denomina empuje. Se puede afirmar que:

a) la dirección del empuje puede ser horizontal.
b) el empuje es siempre mayor que el peso del cuerpo sumergido.
c) el empuje es igual al peso del cuerpo.
d) el empuje no depende de la gravedad o del campo gravitacional.
e) el empuje es proporcional al volumen del agua desplazada.

141 Un huevo está en el fondo de una jarra de agua pura. Se adicionan de a poco, pequeñas cantidades de sal. En un determinado momento, el huevo sube y queda flotando. Siendo d_S la densidad de la solución salada, d_H la densidad del huevo y d_A la densidad del agua pura, se puede decir que:

a) $d_A < d_H < d_S$ b) $d_S < d_A < d_H$ c) $d_H < d_S < d_A$ d) $d_A < d_S < d_H$ e) $d_H < d_A < d_S$

142 Una esfera de isopor, colocada en el fondo de una piscina, sube hasta la superficie porque:

a) la presión en el fondo de la piscina es menor que en la superficie.
b) el empuje sobre la esfera aumenta a medida que ella sube.
c) el empuje sobre la esfera es mayor que el peso del agua desplazada por ella.
d) el empuje sobre la esfera es mayor que el peso de la esfera.
e) el isopor es más liviano que el agua.

143 Una piedra de hielo, al derretirse en un recipiente con agua, hace que el nivel del agua:

a) disminuya, pues la densidad del hielo es menor que la del agua.
b) aumente, pues el volumen del hielo es mayor que el volumen del hielo en estado líquido.
c) permanezca igual, pues la densidad del agua por el volumen sumergido del hielo por la gravedad es igual al peso del hielo.
d) aumente, pues el hielo hace que el agua se enfríe.
e) disminuya, pues el hielo hace que el agua se enfríe.

144 Un tronco de madera flota en el agua teniendo sumergido $\frac{1}{10}$ de su volumen. Siendo: $\mu_{H_2O} = 1g/cm^3$. La densidad del tronco en g/cm^3 es:

a) 0,90 b) 1,10 c) 0,80 d) 0,10 e) 1,20

145 Una balsa rectangular de masa despreciable, de 6m de ancho y 15m de longitud, que flota en agua (densidad = $1g/cm^3$), se hunde 10cm al recibir un camión. Siendo: $g = 10m/s^2$. La masa del camión es de:

a) $3 \cdot 10^3$kg b) $5 \cdot 10^3$kg c) $6 \cdot 10^3$kg d) $8 \cdot 10^3$kg e) $9 \cdot 10^3$kg

146 Se pesa una piedra sumergida en el aire y se obtiene el valor de 6N. Cuando está totalmente sumergida en el agua, se encuentra el valor de 4N para su peso aparente. Siendo $g = 10m/s^2$ y $\mu_{H_2O} = 1g/cm^3$, su masa específica media es:

a) $0,500g/cm^3$ b) $0,667g/cm^3$ c) $1,50g/cm^3$ d) $2,00g/cm^3$ e) $3,00g/cm^3$

Subido por Leazeel

L.Fochetto/Sigla

LORD KELVIN (WILLIAM THOMSON — 1824-1907)

Físico inglés, estudió el enfriamiento producido por la descompresión de los gases, lo que contribuyó al establecimiento de la escala absoluta de temperatura (escala Kelvin). Descubridor de la segunda ley de la Termodinámica, también realizó trabajos en el campo de la electricidad, específicamente en la telegrafía submarina.

JAMES PRESCOTT JOULE (1818-1889)

Físico inglés que formuló las leyes sobre el desprendimiento de calor producido por una corriente eléctrica en un conductor y determinó, después de varias experiencias, el equivalente mecánico de la caloría.

Parte B

TERMOLOGÍA

LORD KELVIN (WILLIAM THOMSON)

JAMES PRESCOTT JOULE

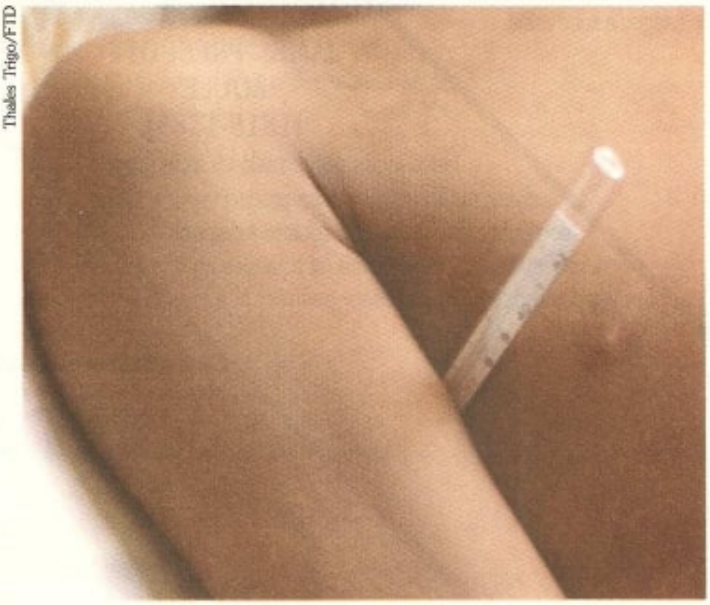
Subido por Leazeel

Unidad VI
Termometría

1 Teoría, sus creadores, su práctica

Ahora se estudiarán dos conceptos físicos importantes: *temperatura* y *calor*. A simple vista, puede parecer que ellos nada tienen que ver con la Mecánica, que ha sido el objeto del estudio hasta ahora. Conviene recordar que las propiedades mecánicas de los materiales dependen mucho de su temperatura y que muchos sistemas físicos realizan trabajo mecánico por el esfuerzo de transferencias de calor, como es el caso de un motor a combustión o de una turbina térmica.

En varias actividades, las mediciones de la temperatura son necesarias y constantes, como en la culinaria, en la metalurgia, en la artesanía, por ejemplo. Y hay casos en que las mediciones de la temperatura tienen que ser más precisas, como, por ejemplo, para medir la temperatura del cuerpo humano.



Thales Trigo/FTD

Los primeros termómetros de líquido en vidrio, de buena precisión, fueron construidos cerca de 1720 por Daniel G. Fahrenheit (1686-1736). Otros tipos de termómetro fueron construidos desde entonces, pero el primero en utilizar puntos fijos fácilmente reproducibles fue inventado por Anders Celsius (1701-1744). No obstante, fue William Thomson (Lord Kelvin, 1824-1907) el primero en utilizar una escala absoluta de temperatura.

Subido por Leazeel

El estudio del efecto provocado por la variación de temperatura en los sólidos, líquidos y gases, conocido como *dilatación térmica*, es fundamental en la construcción de puentes, estructuras metálicas, ferrocarriles y redes eléctricas.

Se hará en esta unidad la distinción entre las palabras *calor* y *temperatura*, que muchas veces el lego usa como si fuesen sinónimas. Será interesante notar que, cuando un cuerpo es calentado, es decir, recibe calor, ocurre una variación de temperatura y, si continúa recibiendo calor, en un determinado momento su temperatura ya no se altera, iniciándose un cambio en la agitación molecular, o sea, existe influencia de la temperatura en el estado de un material.

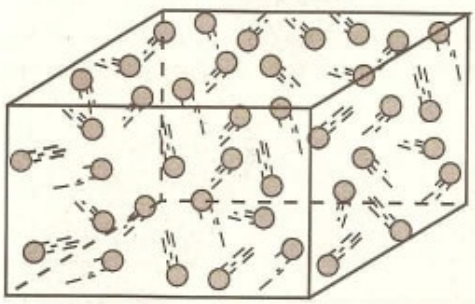
Se verá como es interesante comprender el funcionamiento de algunos equipos de nuestro día, como la heladera, los acondicionadores de aire, los termos y el horno de microondas, que sólo pudieron ser inventados gracias a las enseñanzas de Joule, Kelvin, Carnot (1796-1832) y Planck (1858-1947).

2 Temperatura y calor

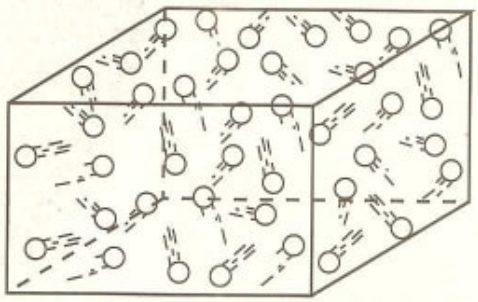
Todos los cuerpos están constituidos por partículas que están siempre en movimiento. Ese movimiento se denomina *energía interna* del cuerpo.

El nivel de energía interna de un cuerpo depende de la velocidad con que sus partículas se mueven, esto es, si el movimiento es rápido, el cuerpo posee un nivel de energía interna alto; si el movimiento es lento, el cuerpo tiene nivel de energía interna bajo.

Investigando microscópicamente un cuerpo, se observó que su estado de calentamiento influye en el estado de agitación de sus partículas, volviéndose esa agitación más acentuada a medida que el cuerpo va quedando más caliente.



cuerpo caliente



cuerpo frío

En base a ese concepto, se define:

> Temperatura es una magnitud física que mide el estado de agitación de las partículas de un cuerpo, caracterizando su estado térmico.

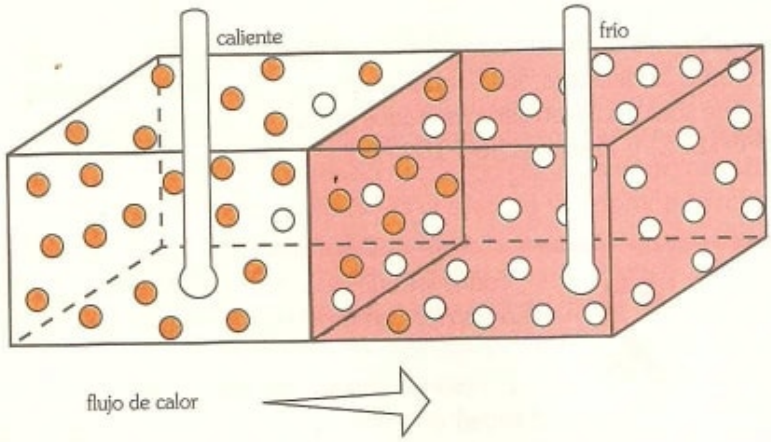
Subido por Leazeel

Por tanto, las palabras *caliente* y *frío* están asociadas a la temperatura de un cuerpo.

Los aparatos que permiten medir la temperatura de un cuerpo son llamados *termómetros*.

La temperatura de un cuerpo indica si ese cuerpo va a ganar o perder energía interna al entrar en contacto con otro cuerpo.

Si dos cuerpos, uno caliente y otro frío, son colocados en contacto, una porción de la energía interna del cuerpo caliente pasará al cuerpo frío bajo la forma de calor.

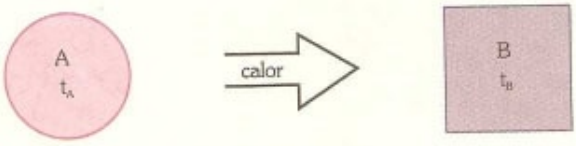


Un termómetro colocado sobre el cuerpo caliente muestra que su temperatura disminuye, mientras que un otro termómetro colocado sobre el cuerpo frío muestra que su temperatura aumenta.

De la misma forma que el agua se mueve en el sentido de la gravedad, el calor fluye de un cuerpo de temperatura mayor a un cuerpo de temperatura menor.

Después de un cierto tiempo, las temperaturas de los dos cuerpos se igualan. En ese momento el flujo de calor es interrumpido y se dice que los cuerpos se encuentran en equilibrio térmico.

Es importante diferenciar calor de temperatura, pues son magnitudes físicas diferentes. La temperatura es la medida del nivel de energía interna de un cuerpo, y el calor es el tránsito de energía de un cuerpo a otro debido a la diferencia de temperatura entre ellos.



Calor es la energía térmica en tránsito, entre dos cuerpos o sistemas, que se origina solo de la existencia de una diferencia de temperatura entre ellos.

Subido por Leazeel

3 Medida de la temperatura

La experiencia muestra que diversas propiedades físicas de un cuerpo varían con la temperatura.

Ejemplos:

- la longitud de una barra de metal;
- el volumen de un líquido;
- la presión de un gas a volumen constante;
- la resistencia de un conductor eléctrico.

Cualquiera de esas propiedades puede ser usada para la construcción de un termómetro.

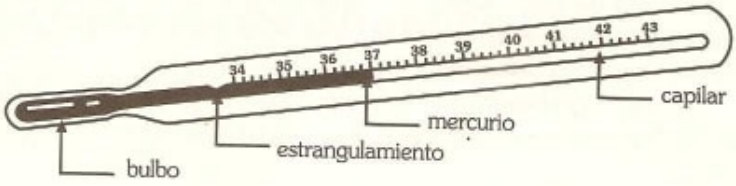
Un termómetro se construye a partir de la elección de una determinada sustancia termométrica y de una particular propiedad (magnitud) termométrica de esa sustancia, que puede variar continua y uniformemente con la temperatura.

Por ejemplo, la sustancia termométrica puede ser el mercurio en un tubo de vidrio y la propiedad (magnitud) termométrica puede ser la longitud de la columna de mercurio, o la sustancia termométrica puede ser el gas mantenido a volumen constante, y la propiedad termométrica puede ser la presión del gas.

4 Termómetro

Para medir la temperatura de un cuerpo, se utilizan instrumentos llamados *termómetros*.

El termómetro más común (termómetro clínico) es el de mercurio contenido en un recipiente de vidrio graduado que tiene un bulbo de paredes finas unido a un tubo capilar.



termómetro clínico

Cuando la temperatura del termómetro se eleva, el mercurio se dilata y sube por el tubo capilar.

A cada altura de la columna de mercurio se asocia una temperatura.

El estrangulamiento en el tubo capilar evita la bajada del mercurio, permitiendo la lectura de la temperatura máxima alcanzada por el termómetro.

En la práctica, para medir la temperatura de un cuerpo se coloca el termómetro en contacto con ese cuerpo. Se espera hasta que la magnitud termométrica contenida en el termómetro no varíe más, es decir, que la temperatura del mercurio sea la misma del cuerpo (equilibrio térmico), se retira el termómetro y se efectúa la lectura de la temperatura.

Subido por Leazeel

5 Escalas termométricas

Una escala termométrica corresponde a un conjunto de valores numéricos, donde cada uno de esos valores se halla asociado a una temperatura.

Para la graduación de esas escalas fueron escogidos como puntos fijos dos fenómenos que se producen siempre en las mismas condiciones: la fusión del hielo y la ebullición del agua, ambas a presión normal.

1º punto fijo: corresponde a la temperatura de fusión del hielo, llamado punto del hielo.

2º punto fijo: corresponde a la temperatura de ebullición del agua, llamado punto del vapor.

Los intervalos de 0°C a 100°C y de 273K a 373K se dividen en 100 partes iguales y cada una de esas divisiones corresponde a 1°C y 1K, respectivamente. En la escala Fahrenheit el intervalo de 32°F a 212°F se divide en 180 partes iguales a cada una de las divisiones corresponde a 1°F.

La escala Fahrenheit es utilizada, generalmente, en los países de lengua inglesa. La escala Kelvin es denominada escala absoluta de temperatura.

6 Ecuación termométrica

Se puede relacionar la temperatura de un cuerpo con la propiedad termométrica mediante la función de primer grado.

$$t = aG + b$$

Donde:

- a y b son constantes y $a \neq 0$;
- G es la magnitud termométrica;
- t es la temperatura.

Esa función se denomina ecuación termométrica.

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Se utiliza como termómetro un recipiente cuyo volumen es constante y que contiene un gas cuya presión se mide en las siguientes situaciones:

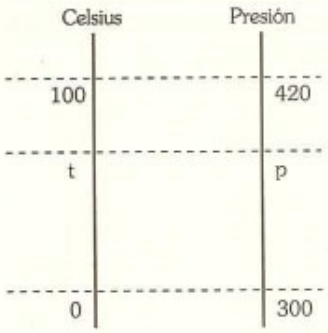
	Presión del gas
I) recipiente en equilibrio térmico con una mezcla de agua y hielo (también en equilibrio térmico)..	300mmHg
II) recipiente en equilibrio térmico con vapor de agua en ebullición (a presión normal).....	420mmHg
III) recipiente en equilibrio térmico con aceite caliente.....	480mmHg

a) Determine la ecuación termométrica de ese termómetro en la escala Celsius.

b) Calcule la temperatura del aceite caliente.

Solución:

a) Estableciendo la proporción, se tiene:



$$\frac{t-0}{100-0}=\frac{p-300}{420-300}$$

$$\frac{t}{100}=\frac{p-300}{120}\Rightarrow t=\frac{5}{6}p-250$$

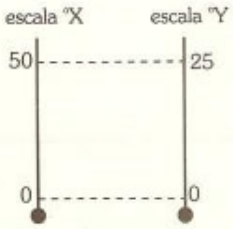
b) Cuando p = 480mmHg, se tiene:

$$t=\frac{5}{6}\cdot 480-250\Rightarrow t=150^{\circ}C$$

Respuesta: a) $t=\frac{5}{6}p-250$ b) 150°C

PROBLEMAS PROPUESTOS

463 Los dos termómetros de la figura están calibrados según escalas termométricas diferentes.



¿Qué relación existe entre los valores de una misma temperatura medida en las escalas X e Y?

464 La siguiente tabla representa el resultado de dos lecturas realizadas en un medidor de temperatura en °F que relaciona la temperatura con la altura de la columna de mercurio.

lectura	temperatura	altura
1ª	10 unidades	5cm
2ª	90 unidades	45cm

a) Determine la ecuación termométrica de ese medidor.

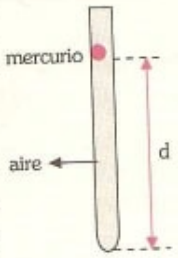
b) Determine la temperatura cuando la altura de la columna es de 25cm.

c) Calcule la altura de la columna de mercurio cuando la temperatura es 100°F.

465 Cuando el bulbo de un termómetro de gas de volumen constante está sumergido en el hielo fundente, la presión del gas es 51,3cm de Hg. En presencia del agua en ebullición, a presión normal, la presión del gas pasa a 70,3cm de Hg. Calcule la temperatura en °C, cuando la presión del gas es 80cm de Hg.

Subido por Leazeel

466 Un tubo capilar contiene aire aislado de la atmósfera por una gota de mercurio que se puede mover libremente en el tubo.



Se sabe que:

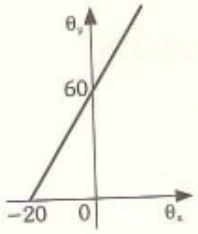
1) con el tubo sumergido hasta la gota de mercurio en una mezcla de hielo y agua a 0°C, d = 10cm;

2) con el tubo en el vapor de agua en ebullición a 100°C, d = 13,6cm;

3) con el tubo a la temperatura ambiente del laboratorio, d = 10,9cm.

Determine la temperatura del laboratorio.

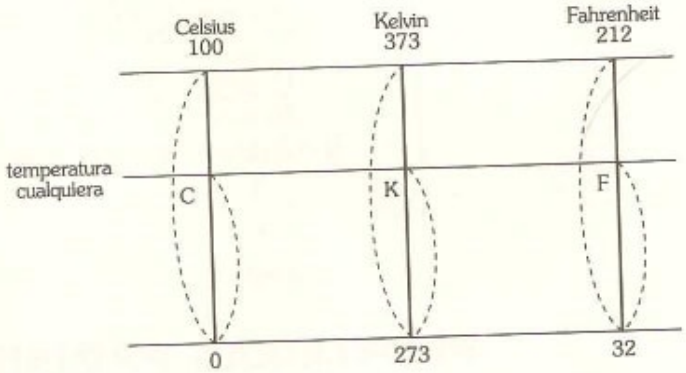
467 La relación entre las escalas termométricas x e y se ilustra con el gráfico.



Determine la relación de conversión entre esas escalas.

7 Relaciones entre las escalas

Suponiendo que la magnitud termométrica sea la misma, se puede relacionar las temperaturas señaladas por las escalas termométricas de la siguiente forma:



$$\frac{C-0}{100-0} = \frac{K-273}{373-273} = \frac{F-32}{212-32} \Rightarrow \frac{C}{100} = \frac{K-273}{100} = F - \frac{32}{180}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{K-273}{5} = \frac{F-32}{9}$$

Problema de Aplicación

Un estudiante, al calibrar un termómetro de mercurio que él mismo fabricó, determinó erróneamente para el primer y segundo puntos fijos los siguientes valores en la escala de temperatura de su termómetro:

1º punto fijo = −37°E (E = escala del estudiante)

2º punto fijo = 675°E

¿Cuál debe ser el valor de la temperatura ambiente en el laboratorio, sabiendo que en un termómetro Celsius ella vale 25°C?

Subido por Leazeel

Solución:

Estableciendo una proporción, se tiene:

$$\frac{25-0}{100-0}=\frac{x-(-37)}{675-(-37)}$$

$$\frac{25}{100}=\frac{x+37}{712}$$

$$x = 141°E$$

Respuesta: 141°E

PROBLEMAS PROPUESTOS

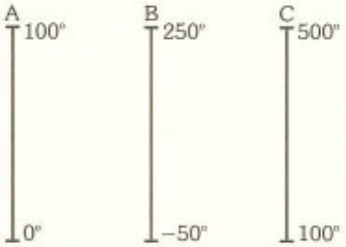
468 La temperatura normal del cuerpo humano es 36°C. ¿Cuál es esa temperatura en las escalas Fahrenheit y Kelvin?

469 Convierta 104°F a las escalas Celsius y Kelvin.

470 En una de las regiones más frías del mundo, el termómetro indica −76°F. ¿Cuál será el valor de esa temperatura en la escala Celsius?

471 Al medir la temperatura de un gas, se verificó que la lectura era la misma, tanto en la escala Celsius como en la escala Fahrenheit. ¿Cuál era esa temperatura?

472 Se representan, graficamente, las escalas de graduación de tres termómetros, A, B y C.



Las temperaturas de referencia fueron obtenidas de la fusión del hielo y de los vapores del agua en ebullición. Calcule el número de grados que corresponde, en cada escala, a una temperatura de 50°F.

473 Un médico inglés mide la temperatura de un paciente por sospecha de una infección y obtiene en su termómetro clínico 102,2°F (grados Fahrenheit).

a) ¿Tiene el médico motivo de preocupación por el paciente? Justifique.

b) ¿Por qué un enfermo con fiebre siente frío? Responda y defina el concepto físico de calor.

474 Un estudiante debía calentar en el laboratorio cierta cantidad de agua de 25°C hasta 70°C. Después de iniciada la experiencia, él rompió el termómetro de escala Celsius y tuvo que continuarla con otro de escala Fahrenheit. ¿En qué posición del nuevo termómetro debe parar el calentamiento?

475 La temperatura más baja registrada cierto día, en un puesto meteorológico instalado en el continente antártico, fue x°C. Si el termómetro utilizado fuese graduado según la escala Fahrenheit, la lectura registrada tendría que ser ocho unidades más baja. Determine la temperatura mínima registrada en el puesto meteorológico, en el día considerado.

476 Una determinada escala termométrica A indica 40°A y 100°A cuando la escala Celsius indica para esas temperaturas los valores 10°C y 30°C, respectivamente. Calcule las temperaturas correspondientes al punto de hielo y al punto de vapor en la escala A.

477 Un investigador creyó conveniente construir una escala termométrica (escala P), basada en las temperaturas de fusión y ebullición del alcohol etílico tomadas como puntos cero y cien de su escala. Ocurre que en la escala Celsius (o centígrada) aquellos dos puntos extremos de la escala del investigador tienen valores −118°C y 78°C. Al usar su termómetro para medir la temperatura de una persona con fiebre, el investigador encontró 80 grados P. Calcule la temperatura de la persona enferma en grados Celsius.

478 Un termómetro fue graduado incorrectamente en grados Celsius. El indica 1°C para el hielo en fusión y 97°C para el agua en ebullición, a presión normal. Determine la única temperatura, en grados Celsius, que ese termómetro indica correctamente.

Subido por Leazeel

Unidad VII
Dilatación Térmica

1 Introducción

La experiencia muestra que los sólidos se dilatan cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían.

La dilatación y la contracción ocurren en tres dimensiones: longitud, ancho y espesor.

A esa variación en las dimensiones de un sólido causada por el calentamiento o enfriamiento se denomina *dilatación térmica*.

La dilatación de un sólido con el aumento de la temperatura ocurre porque, con el aumento de la energía térmica, aumentan las vibraciones de los átomos y moléculas que forman el cuerpo, haciendo que pasen a posiciones de equilibrio más alejadas que las originales.

Ese alejamiento mayor de los átomos y de las moléculas del sólido produce su dilatación en todas las direcciones.

Para controlar los efectos de la dilatación (expansión) de los sólidos se deja un espacio libre entre las vías del ferrocarril, los tramos de puentes, los bloques de cimiento de una vereda, etc.

Thales Trigo/FTD

Esos espacios libres posibilitan el aumento del volumen de esos cuerpos sin que ocurran deformaciones.

Por otro lado, una red eléctrica presenta siempre holgura (flecha) entre dos postes.

Esa holgura es para evitar una tracción y posible ruptura en el cable, cuando disminuye su longitud con la disminución de temperatura.

Subido por Leazeel

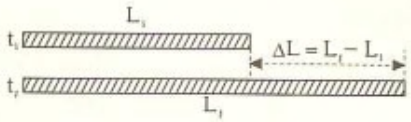
2 Dilatación lineal

Es aquella en la que predomina la variación en una sola dimensión, es decir, la longitud.

Ejemplo: dilatación en hilos, cabos y barras.

Para estudiar la dilatación lineal, se considera una barra de longitud inicial L_1, a la temperatura inicial t_1.

Al aumentar la temperatura de la barra a t_f, su longitud pasa a ser L_f.



Donde $\Delta L = L_f - L_i$ es la variación de longitud, es decir, la dilatación lineal de la barra, en la variación de temperatura $\Delta t = t_f - t_i$. En este caso $(t_f > t_i)$.

Experimentalmente se verificó que:

1º) ΔL es directamente proporcional a la longitud inicial L_1.

2º) ΔL es directamente proporcional a la variación de temperatura Δt.

3º) ΔL depende del material del cual se compone la barra.

A partir de esas relaciones, se puede escribir:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta t$$

Donde α es una constante característica del material que compone la barra, que se denomina *coeficiente de dilatación lineal*. La unidad de α es $\frac{1}{°C} = °C^{-1}$.

Si $\Delta L = L_f - L_1$ y $\Delta t = t_f - t_1$, se tiene:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta t \Rightarrow L_f - L_1 = L_1 \alpha (t_f - t_1) \Rightarrow L_f = L_1 + L_1 \alpha (t_f - t_1)$$

$$L_f = L_1 [1 + \alpha (t_f - t_1)]$$

Problema de Aplicación

La longitud de un hilo de aluminio a 20°C es de 40m. Sabiendo que el hilo se calienta hasta 60°C y que el coeficiente de dilatación lineal del aluminio es $24 \cdot 10^{-6} °C^{-1}$, determine:

a) la dilatación del hilo; b) la longitud final del hilo.

Solución:

Datos: $\begin{cases} L_1 = 40\ m \\ t_1 = 20°C \\ t_f = 60°C \\ \alpha = 24 \cdot 10^{-6} °C^{-1} \end{cases}$

a) La dilatación lineal del hilo está dada por:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta t \Rightarrow \Delta L = 40 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (60 - 20)$$

$$\Delta L = 0{,}0384m$$

b) $L_f = L_1 + \Delta L \Rightarrow L_f = 40 + 0{,}0384 \Rightarrow L_f = 40{,}0384m$

Respuesta: a) 0,0384m b) 40,0384m

Subido por Leazeel

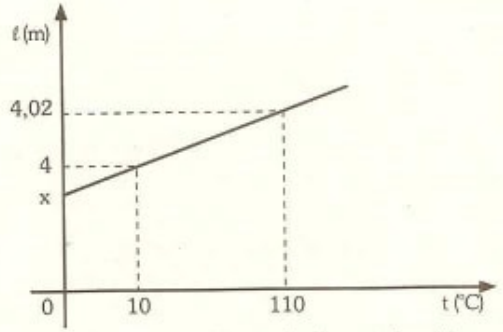
PROBLEMAS PROPUESTOS

479 Una barra de hierro de 10m de longitud está a 0°C. Sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal del hierro es $12 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, calcule:
a) la longitud final de la barra a 20°C;
b) la longitud final de la barra a −30°C.

480 Una barra de aluminio de 15°C pasa a 100°C y se alarga 1,224mm. Calcule la longitud inicial de la barra.
Siendo $\alpha_{Al} = 24 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$.

481 ¿A qué temperatura se debe encontrar un cabo de acero para que su longitud sea 0,5mm mayor que la longitud de 2 000mm que posee a una temperatura de 0°C? El coeficiente de dilatación lineal del acero es $1 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$.

482 Una barra de longitud x a 0°C se calienta y su longitud ℓ se halla en función del aumento de temperatura t que se indica en el gráfico.



a) ¿Cuál es el coeficiente de dilatación lineal de ese material?
b) ¿Cuál es la longitud x de la barra?

483 Una barra de aluminio a 77°F tiene longitud de 1m. Sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal del aluminio es de $22 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, calcule la dilatación lineal de la barra cuando su temperatura alcanza 45°C.

484 Una barra de metal, cuya longitud inicial es x, se halla a 0°C, sufre un aumento de 0,1% de la longitud inicial cuando se calienta hasta 100°C. ¿Cuál es el valor del coeficiente de dilatación lineal del metal?

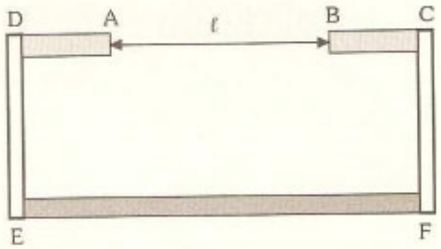
485 Una barra de metal, que mide 1,100m a 0°C, es introducida en un horno. Durante el transcurso del tiempo, su longitud aumenta a 1,107m. Sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal es $12 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, calcule la temperatura del horno.

486 Un puente de acero posee una longitud de 1km cuando se halla a 20°C. Está localizado en una ciudad cuyo clima produce una variación de temperatura en el puente entre 10°C, en la época más fría, y 55°C, en la época más caliente. Determine, en centímetros, la variación de longitud del puente, para esos extremos de temperatura. Siendo $\alpha_{acero} = 11 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$.

487 El aro de la rueda de una locomotora es de acero, tiene un diámetro interno de 58,45cm y debe ser montado dentro del "alma" de la rueda, que es de hierro fundido y tiene un diámetro de 58,55cm. Esos dos diámetros fueron medidos a la misma temperatura $\theta = 25°C$. Los coeficientes de dilatación lineal del hierro fundido y del acero son respectivamente $\alpha_{Fe} = 8 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$ y $\alpha_{acero} = 12 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$. Las dos piezas son colocadas en una estufa y, después de calentadas, se arman formando un conjunto. ¿Cuál es la mayor temperatura de las piezas para que el montaje sea posible?

488 Se tienen dos barras metálicas homogéneas cuyos coeficientes de dilatación lineal tienen un valor de $12 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$ y $24 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$. La barra de menor coeficiente de dilatación mide 2m de longitud a 20°C y la otra tiene 1cm más en esa misma temperatura. Determine la temperatura en la cual la diferencia entre sus longitudes será duplicada.

489 Se quiere construir una base de apoyo, de ancho $AB = \ell = 50cm$, que debe permanecer constante con la variación de la temperatura.



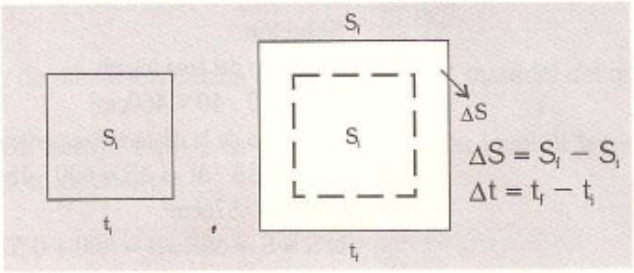
Determine las longitudes de las barras EF, de invar, y DA = BC, de hierro. Siendo:
$\alpha_{invar} = 0,7 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$ y $\alpha_{Fe} = 12 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$.

Subido por Leazeel

3 Dilatación superficial

Es aquella en la que predomina la variación en dos dimensiones, es decir, la variación del área.

Considerando una placa de área inicial S_i, a una temperatura inicial t_i. Al aumentar la temperatura de la placa a t_f, su área pasa a ser S_f ($t_f > t_i$).



La experiencia demuestra que ΔS es proporcional a S_i y Δt. Luego:

$$\Delta S = S_i \beta \Delta t$$

Donde β es el *coeficiente de dilatación superficial* del material del que se halla compuesta la placa.

De la misma forma que para la dilatación lineal, se puede escribir:

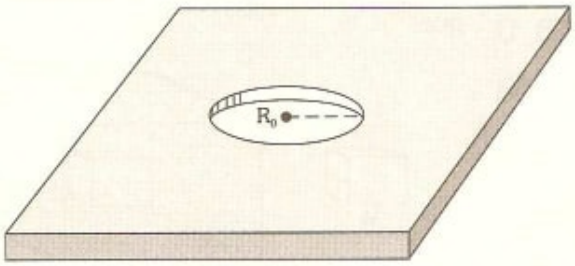
$$S_f = S_i [1 + \beta (t_f - t_i)]$$

El coeficiente de dilatación superficial para cada sustancia es igual al doble del coeficiente de dilatación lineal, es decir:

$$\beta = 2\alpha$$

Observación:

Cuando se calienta una chapa con un orificio, la misma se dilata como si fuera enteriza, es decir, el orificio de radio R_0 se dilata como si fuese compuesto del mismo material de la chapa.



Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Una placa rectangular de aluminio tiene 10cm de ancho y 40cm de longitud, a una temperatura de 20°C. Esa placa es colocada en un ambiente cuya temperatura es de 50°C. Siendo $\beta_{Al} = 48 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, calcule:

a) la dilatación superficial de la placa;

b) el área de la placa en ese ambiente.

Solución:

a) Cálculo del área inicial:

$S_i = 10 \cdot 40 = 400cm^2$

Cálculo de la dilatación superficial:

$\Delta S = S_i \beta \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta S = 400 \cdot 48 \cdot 10^{-6} \cdot (50 - 20) \Rightarrow$

$\Delta S = 0{,}576cm^2$

b) $S_f = S_i + \Delta S \Rightarrow S_f = 400 + 0{,}576 \Rightarrow S_f = 400{,}576cm^2$

Respuesta: a) $0{,}576cm^2$ b) $400{,}576cm^2$

PROBLEMAS PROPUESTOS

490 Una placa rectangular de aluminio a 0°C posee un área de $40cm^2$. Siendo el coeficiente de dilatación superficial del aluminio $48 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, calcule:

a) el área final de la placa a 50°C;

b) el área final de la placa a −20°C.

491 Una chapa a 0°C posee un área de $2m^2$. Cuando se la calienta hasta 80°C, su área aumenta $0{,}4cm^2$. Calcule el coeficiente de dilatación superficial del material del que está compuesta la placa.

492 Un círculo de acero homogéneo de 10cm de radio y cuyo coeficiente de dilatación lineal es $1{,}2 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$ aumenta su temperatura de 10°C a 110°C. Calcule la dilatación superficial experimentada por el círculo durante esa variación de temperatura. Considere $\pi = 3{,}14$.

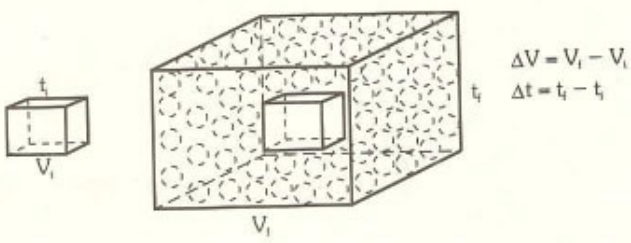
493 Una placa de acero tiene un agujero circular de $2cm^2$ de área a 10°C. Determine el área del orificio si la placa es calentada hasta 1 010°C, sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal del acero es $11 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$.

494 Una chapa de aluminio y otra de cobre tienen áreas iguales a $80cm^2$ y $80{,}4cm^2$ respectivamente a 0°C. Sabiendo que $\beta_{Al} = 48 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$ y $\beta_{Cu} = 34 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, determine a qué temperatura ellas tendrán áreas iguales.

4 Dilatación cúbica o volumétrica

La dilatación se denomina cúbica o volumétrica cuando ocurre una variación de las tres dimensiones de un cuerpo: largo, ancho y alto.

Con el aumento de la temperatura, el cubo de la figura experimenta un aumento de variación de volumen ΔV, tal que:



Subido por Leazeel

Donde:

- V_f = volumen final
- V_i = volumen inicial
- ΔV = variación de volumen (dilatación volumétrica)

Las fórmulas de la dilatación cúbica o volumétrica son:

$$\Delta V = V_i \gamma \Delta t \qquad \text{y} \qquad V_f = V_i [1 + \gamma (t_f - t_i)]$$

Donde γ es el coeficiente de dilatación cúbica o volumétrica del material del que se compone el cuerpo.

El coeficiente de dilatación volumétrica γ es aproximadamente igual al triple del coeficiente de dilatación lineal α, es decir:

$$\gamma = 3\alpha$$

Problema de Aplicación

Un paralelepípedo a 10°C posee las siguientes dimensiones: 10cm × 20cm × 30cm. El mismo se halla construido de un material cuyo coeficiente de dilatación lineal es $8 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$. Determine el aumento de volumen cuando su temperatura aumenta a 110°C.

Solución:

Datos $\begin{cases} t_i = 10°C \\ t_f = 110°C \\ \gamma = 3\alpha = 3 \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-6}°C^{-1} = 24 \cdot 10^{-6}°C^{-1} \end{cases}$

El volumen inicial del paralelepípedo esta dado por:

$V_i = 10 \cdot 20 \cdot 30 = 6\,000 cm^3$

El aumento de volumen está dado por:

$\Delta V = V_i \gamma \Delta t \Rightarrow \Delta V = V_i \gamma (t_f - t_i) \Rightarrow \Delta V = 6\,000 \cdot 24 \cdot 10^{-6} (110 - 10)$

$\Delta V = 14{,}4 cm^3$

Respuesta: $14{,}4 cm^3$

PROBLEMAS PROPUESTOS

495 Un recipiente de cobre de $1\,000 cm^3$ de capacidad se halla a 0°C. Sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal del cobre es igual a $17 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, calcule la capacidad del recipiente a 100°C.

496 Un bloque de hierro posee un volumen de $50 cm^3$ a 0°C. Determine hasta qué temperatura se debe calentarlo para que su volumen sea igual a $50{,}425 cm^3$. Siendo el coeficiente de dilatación lineal del hierro $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$.

497 Aumentándose la temperatura de un cuerpo en 100°C, su volumen aumenta 0,06%. Calcule el coeficiente de dilatación volumétrica de ese cuerpo.

498 Determine el coeficiente de dilatación cúbica de un líquido que ocupa un volumen de $40 cm^3$ a 0°C y $40{,}5 cm^3$ a 60°C.

499 Un recipiente de vidrio, del tipo utilizado para envasar jalea, palmito o aceituna, es cerrado por

Subido por Leazeel

una tapa metálica. Cuando hay dificultad para abrirlo, generalmente se sumerge la parte superior, que se halla tapada, en agua caliente. Eso facilita su apertura. Explique, utilizando los conceptos de la Física, por qué ese procedimiento funciona.

500 Al guardar dos vasos iguales de vidrio, una ama de casa introdujo uno en el interior del otro. Cuando quiso utilizarlos, los dos estaban pegados y ella no consiguió separarlos. Entonces, resolvió colocar agua caliente en el vaso interno. ¿Cree Ud. que ella tuvo éxito? Explique y, en caso negativo, sugiera otro procedimiento práctico para separar los vasos, evitando que se quiebren.

501 Una barra de estaño tiene la forma de un prisma recto de $4cm^2$ de base y 1m de longitud a la temperatura de 68°F. Determine la longitud y el volumen de esa barra a 518°F. Considere el coeficiente de dilatación lineal del estaño $\alpha = 20 \cdot 10^{-6} °C^{-1}$.

5 Dilatación de los líquidos

Como los líquidos no poseen forma propia, sólo tiene significado el estudio de su dilatación volumétrica.

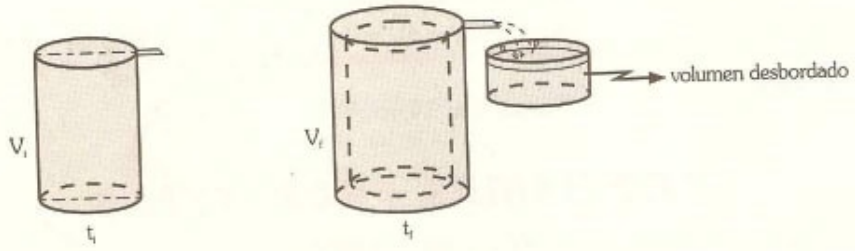
Al estudiar la dilatación de los líquidos, es necesario tener en cuenta la dilatación del recipiente sólido que lo contiene.

En un sentido general, los líquidos se dilatan siempre más que los sólidos al ser igualmente calentados.

En el calentamiento de un líquido contenido en un recipiente, al dilatarse juntamente con el recipiente, el líquido irá a ocupar la parte de la dilatación experimentada por el recipiente, además de tener una dilatación propia llamada *dilatación aparente*.

La dilatación aparente es aquella que se observa directamente y la dilatación real es aquella que el líquido experimenta realmente.

Considerando un recipiente totalmente lleno de un líquido a una temperatura inicial t_i. Aumentando la temperatura del conjunto (recipiente + líquido) hasta una temperatura t_f, se nota un desbordamiento del líquido, pues éste se dilata más que el recipiente.



La dilatación aparente del líquido es igual al volumen que fue desbordado.

La dilatación real del líquido está dada por la suma de la dilatación aparente del líquido y de la dilatación volumétrica experimentada por el recipiente.

$$\Delta V_{real} = \Delta V_{ap} + \Delta V_{recip} \Rightarrow V_i \gamma_{real} \Delta t = V_i \gamma_{ap} \Delta t + V_i \gamma_{recip} \Delta t$$

$$\gamma_{real} = \gamma_{ap} + \gamma_{recip}$$

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Un recipiente de vidrio está completamente lleno con 400cm³ de mercurio a 20°C. Se calienta el conjunto hasta 35°C.
Siendo $\gamma_{Hg} = 0{,}00018°C^{-1}$ y $\gamma_{vidrio} = 0{,}00003°C^{-1}$, calcule:

a) la dilatación del recipiente;

b) la dilatación real del mercurio;

c) el volumen de mercurio desbordado.

Solución:

a) $\Delta V_{vidrio} = V_i \gamma_{vidrio} \Delta t \Rightarrow \Delta V_{vidrio} = 400 \cdot 0{,}00003 \cdot (35 - 20)$

$\Delta V_{vidrio} = 0{,}18cm^3$

b) $\Delta V_{real} = V_i \gamma_{real} \Delta t \Rightarrow \Delta V_{real} = 400 \cdot 0{,}00018 \cdot 15 \Rightarrow \Delta V_{real} = 1{,}08cm^3$

El volumen de mercurio desbordado es igual a la dilatación real del mercurio menos la dilatación del recipiente. Luego:

$\Delta V_{desb} = \Delta V_{real} - \Delta V_{vidrio} \Rightarrow \Delta V_{desb} = 1{,}08 - 0{,}18 \Rightarrow \Delta V_{desb} = 0{,}9cm^3$

Otra manera de calcular el volumen desbordado es:

$\gamma_{real} = \gamma_{ap} + \gamma_{recip} \Rightarrow 0{,}00018 = \gamma_{ap} + 0{,}00003 \Rightarrow \gamma_{ap} = 0{,}00015°C^{-1}$

$\Delta V_{ap} = V_i \gamma_{ap} \Delta t \Rightarrow \Delta V_{ap} = 400 \cdot 0{,}00015 \cdot 15 \Rightarrow \Delta V_{ap} = 0{,}9cm^3$

Respuesta: a) 0,18cm³ b) 1,08cm³ c) 0,9cm³

PROBLEMAS PROPUESTOS

502 Un camión cisterna, de 10 000ℓ de capacidad, se llena con gasolina cuando la temperatura es de 30°C. ¿Cuál es la reducción de volumen sufrido por el líquido al ser descargado en una ocasión en que la temperatura es de 10°C? El coeficiente de dilatación de la gasolina es $\gamma = 9{,}6 \cdot 10^{-4}°C^{-1}$.

503 El tanque de 45ℓ de un automóvil se llena totalmente con alcohol en una noche fría (5°C). Luego, el conductor guarda el vehículo en el garaje. Si la temperatura ambiente, en la mañana siguiente, es de 25°C, ¿cuánto alcohol habrá sido sacado por el "ladrón"? Desprecie la dilatación del tanque. Siendo: coeficiente de dilatación real del alcohol etílico $\gamma = 1{,}12 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1}$.

504 Un líquido es calentado de 0°C a 50°C, verificándose en la escala del frasco de vidrio que el volumen aumenta de 500cm³ a 525cm³. Siendo $\gamma_{vidrio} = 1 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$, determine el coeficiente de dilatación real del líquido.

505 Un recipiente de vidrio tiene a 0°C el volumen interno de 800cm³ y está completamente lleno de un líquido. Calentándose el recipiente a 70°C, hay un desbordamiento de 8,40cm³ del líquido. Siendo $\gamma_{vidrio} = 3 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$, calcule:

a) el coeficiente de dilatación volumétrica aparente del líquido;

b) el coeficiente de dilatación volumétrica real del líquido.

506 Un recipiente cuyo volumen es 1 000cm³ a 0°C contiene 980cm³ de un líquido a la misma temperatura. El conjunto es calentado y, a partir de cierta temperatura, el líquido comienza a desbordarse. El coeficiente de dilatación cúbica del recipiente es $2 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$ y el del líquido vale $1 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1}$. Determine la temperatura aproximada del inicio del desbordamiento del líquido.

507 A 10°C, 100 gotas idénticas de un líquido ocupan un volumen de 1cm³. A 60°C, el volumen ocupado por el líquido es de 1,01cm³. Calcule:

a) la masa de 1 gota del líquido a 10°C, sabiendo que su densidad a esa temperatura es de 0,9g/cm³;

b) el coeficiente de ditalación volumétrica del líquido.

Subido por Leazeel

Unidad VIII
Calorimetría

1 Introducción

En pleno verano o invierno, las personas suelen quejarse de la temperatura: "¡Qué calor insoportable!" "¡Qué frío!"

Para tener un confort físico, las personas se visten con ropas livianas, cuando la temperatura sube, a fin de evitar el exceso de calor, y se abrigan bien, cuando la temperatura baja. De esta manera, el organismo no se expone a las alteraciones térmicas que perjudican su estabilidad.

El aire acondicionado proporciona una sensación agradable de bienestar porque es controlado para mantener el ambiente a una temperatura constante, sean cuales fueran las alteraciones climáticas que puedan ocurrir.

En las regiones tropicales, el calor de verano es suavizado por el uso de ventiladores, extractores de aire y otros recursos. En los lugares más fríos, además de la tradicional chimenea se suele dotar las casas de sistemas de calefacción central.

Por otro lado, el calor es mucho más importante en nuestra vida que la simple sensación que nos causa.

El calor cocina los alimentos, calienta el agua, seca la ropa, etc.

En la industria, el calor es utilizado para separar los minerales de los metales y transformarlos en variados utensilios — del arado a las armas de guerra —, para preparar la cerámica, para producir papel, tejidos, vidrios, etc.

El calor producido en la combustión de los combustibles en los motores mueve a los automóviles, barcos, aviones y cohetes.

En las usinas termoeléctricas y nucleares, el calor hace girar turbinas que ponen en movimiento generadores para producir electricidad.

El calor que el hombre utiliza proviene de diversas fuentes. Las principales son el *Sol*, la *Tierra*, las *reacciones químicas*, el *rozamiento* y la *energía nuclear*.

Nelson Toledo/FTD

El Sol produce calor debido a reacciones nucleares en su interior.

La Tierra contiene mucho calor en su interior.

El fuego es una reacción química.

Subido por Leazeel

Aunque sea tan evidente, la naturaleza del calor sólo recientemente fue definida por la ciencia. Hasta fines del siglo XVIII, los científicos creían que el calor era una especie de fluido imponderable (sin masa) e invisible que calentaba o enfriaba los cuerpos. Dieron a esa sustancia el nombre de *calórico*. El equilibrio térmico se mantenía cuando los cuerpos perdían o ganaban calóricos.

En 1798, el físico inglés Benjamin Thompson (Conde Rumford) observó que el rozamiento calentaba los metales y luego el calor se conservaba por algún tiempo en las piezas rozantes. Luego, el calor sería una forma de energía obtenida también por el trabajo mecánico. El químico inglés Humphry Davy concluyó que esa teoría podría ser demostrada frotando dos bloques de hielo que se derretían por el rozamiento, sin poseer calóricos. Así se produciría calor de la nada.

Fue el físico alemán Hermann von Helmholtz que, en 1847, estableció la definición de calor como energía mecánica, afirmando que todas las formas de energía equivalen a calor. Eso fue probado después por su colega inglés James Prescott Joule. Construyendo un aparato simple, que aprovechaba el trabajo mecánico producido por la caída de los cuerpos, Joule midió la cantidad de energía mecánica necesaria para elevar por agitación la temperatura de una determinada cantidad de agua. Estaba demostrada cuantitativamente la equivalencia mecánica del calor.

Se concluye que, así como el movimiento produce calor, el calor, a su vez produce movimiento.

De esa manera se unió la antigua teoría de los calóricos con la nueva noción de energía térmica.

2 Unidades de la cantidad de calor

Antes que el calor fuese reconocido como forma de energía, las medidas de las cantidades de calor se realizaban a través de las variaciones de temperatura que los cuerpos sufrían cuando se les proporcionaba energía bajo la forma de calor.

De esa manera, se estableció como unidad de cantidad de calor la *caloría* (cal).

> Se denomina caloría (cal) a la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua de 14,5°C a 15,5°C, a presión normal.

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de cantidad de calor es el *joule* (J).

La relación entre la caloría y el joule es:

$$1\text{cal} = 4{,}186\text{J}$$

Se puede utilizar también un múltiplo de la caloría llamado *kilocaloría* (kcal).

$$1\text{kcal} = 1\,000\text{cal}$$

Subido por Leazeel

3 Calor sensible y calor latente

Al recibir o ceder calor, un cuerpo puede experimentar dos efectos diferentes: variación de la temperatura o cambio de estado.

Ejemplos:

1º) Si se coloca en la llama de un fogón una tijera de acero, ésta sufre un calentamiento, es decir, un aumento de temperatura.

2º) Un pedazo de hielo a 0°C, que se halla en un recipiente colocado sobre el fogón, absorbe calor sin aumentar su temperatura, hasta derretirse completamente. Es entonces cuando el agua de la fusión se calienta.

La cantidad de calor *recibida* o *cedida* por un cuerpo, al sufrir una variación de temperatura, sin que haya cambio de estado, se denomina *calor sensible*.

Si el cuerpo experimenta solamente un cambio de estado, sin que haya variación de temperatura (permanece constante), el calor es denominado *latente*.

En los ejemplos, el calor recibido por la tijera es sensible y el recibido por el hielo es latente.

4 Calor específico

La experiencia muestra que cada sustancia necesita de una cantidad de calor diferente para que un gramo de esa sustancia sufra una variación de temperatura de 1°C.

Esa cantidad, que es denominada *calor específico*, es una característica de cada sustancia y es representada por la letra c.

Ejemplo: el calor específico del hierro es aproximadamente $0{,}114\ \frac{cal}{g \cdot °C}$, es decir, 1 gramo de hierro necesita 0,114cal para elevar en 1°C su temperatura.

De la misma manera, el calor específico del agua es $1\ \frac{cal}{g \cdot °C}$, es decir, 1 gramo de agua necesita 1 caloría para elevar su temperatura en 1°C.

En la tabla se indica el calor específico medio de algunas sustancias, válido para las temperaturas de 0 a 100°C.

El calor específico de una sustancia varía con la temperatura, aumentando cuando ésta aumenta. No obstante, se considerará, durante este curso, que el calor específico no varía con la temperatura.

sustancia	calor específico (cal/g°C)
mercurio	0,033
aluminio	0,217
cobre	0,092
plomo	0,030
plata	0,056
hierro	0,114
latón	0,094
hielo	0,550
agua	1,000
aire	0,240

Subido por Leazeel

5 Capacidad térmica de un cuerpo

Es el cociente entre la cantidad de calor Q *recibido* o *cedido* por un cuerpo y la correspondiente variación de temperatura Δt.

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

La unidad de capacidad térmica es cal/°C.

La capacidad térmica de un cuerpo representa la cantidad de calor necesaria para que la temperatura del cuerpo varíe 1°C.

La capacidad térmica de 1 gramo de agua es 1cal/°C. Esto significa qué para elevar 1°C la temperatura de un litro de agua (1kg = 1 000g) son necesarias 1 000 calorías.

Como la capacidad térmica del agua es muy grande, las aguas de los mares y ríos funcionan como reguladoras de temperatura en los lugares próximos a ellos.

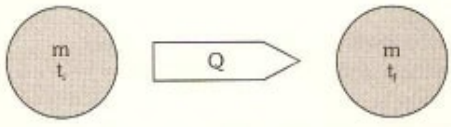
La explicación es la siguiente:

- Durante el día, el agua absorbe una gran cantidad de calor sin que se caliente mucho y, durante la noche, libera mucho calor sin que se enfríe mucho.
- Con la arena de la playa ocurre lo contrario: la capacidad térmica de la arena es pequeña y hace que, durante el día, se caliente rápidamente y, durante la noche, se enfríe fácilmente.

6 Ecuación fundamental de la calorimetría

Se considera un cuerpo de masa m a la temperatura inicial t_i.

Proporcionándose una cantidad de calor Q a ese cuerpo, se suponga que su temperatura aumente hasta t_f.



La experiencia ilustra que la cantidad de calor Q es proporcional a la masa m y a la variación de temperatura $(t_f - t_i)$. Luego:

$$Q = mc(t_f - t_i) \quad \text{o} \quad Q = mc\Delta t$$

Donde:

- c es llamado calor específico de la sustancia;
- $\Delta t = t_f - t_i$ es la variación de temperatura.

Subido por Leazeel

Observaciones:

1ª) Si $t_f > t_i$, el cuerpo recibe calor, es decir, $Q > 0$.
Si $t_f < t_i$, el cuerpo cede calor, es decir, $Q < 0$.

2ª) El producto mc es la capacidad térmica del cuerpo. Luego: $C = mc$

Problema de Aplicación

Un bloque de hierro de 600g de masa se halla a una temperatura de 20°C. Siendo el calor específico del hierro igual a $0{,}114\ \frac{cal}{g \cdot °C}$:

a) ¿cuál es la cantidad de calor que el bloque debe recibir para que su temperatura pase de 20°C a 50°C?

b) ¿cuál es la cantidad de calor que el bloque debe ceder para que su temperatura varíe de 20°C a −5°C?

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} m = 600g \\ t_i = 20°C \\ c = 0{,}114\ \frac{cal}{g \cdot °C} \\ t_f = 50°C \end{cases}$$

a) $Q = mc(t_f - t_i) \Rightarrow Q = 600 \cdot 0{,}114 \cdot (50 - 20) \Rightarrow Q = 2\,052cal$

b) $Q = mc(t_f - t_i) \Rightarrow Q = 600 \cdot 0{,}114 \cdot (-5 - 20)$

$Q = -1\,710cal$

Respuesta: a) 2 052cal b) −1 710cal

PROBLEMAS PROPUESTOS

508 Sabiendo que 1cal = 4,18J:
a) convierta 20kcal en J;
b) convierta 8 000J en cal.

509 Un bloque de cobre de 200g se calienta de 25°C a 70°C. El calor específico del cobre es igual a $0{,}093\ \frac{cal}{g \cdot °C}$.

a) ¿Cuál es la cantidad de calor recibida por el bloque?
b) Determine la capacidad térmica del bloque.

510 Determine cuántas calorías perderá 1kg de agua para que su temperatura varíe de 60°C a 10°C. El calor específico del agua es igual a $1\ \frac{cal}{g \cdot °C}$.

511 Sabiendo que el calor específico del hierro es aproximadamente $0{,}1\ \frac{cal}{g \cdot °C}$, calcule la cantidad de calor necesaria para elevar en 15°C la temperatura de un pedazo de 80g de ese material.

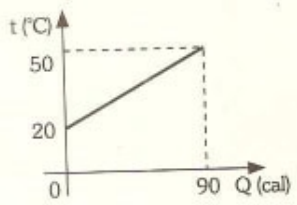
512 Un cuerpo de 1kg de masa recibió 10kcal y de 50°C pasó a 100°C. ¿Cuál es el calor específico de ese cuerpo?

513 El calor específico del hierro es igual a $0{,}114\ \frac{cal}{g \cdot °C}$. Determine la temperatura final de 400g de hierro a una temperatura de 20°C, después de haber cedido 500cal.

514 El gráfico representa el calentamiento de 100g de una sustancia.

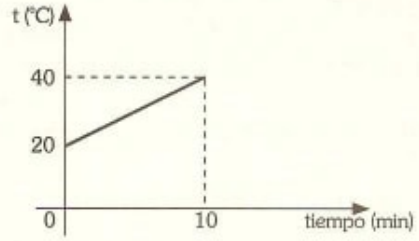
a) ¿Cuál es el calor específico de la sustancia?

b) ¿Cuál es la capacidad térmica de la sustancia?



Subido por Leazeel

515 El gráfico representa la variación de la temperatura de un cuerpo sólido, en función del tiempo, al ser calentado por una fuente que libera energía a una potencia constante de 150cal/min. La masa del cuerpo es de 100g. Determine el valor de su calor específico en $\frac{cal}{g \cdot {}^{\circ}C}$.



516 Un calentador eléctrico de 2kW es utilizado para elevar de 10°C a 22°C la temperatura del aire contenido en una sala cuyas dimensiones son 3m × 5m × 2,8m. Sabiendo que se dispersa el 40% del calor, calcule el tiempo empleado durante el calentamiento.

Siendo $\begin{cases} \text{calor específico del aire} = 0{,}238 \frac{kcal}{kg \cdot {}^{\circ}C} \\ \text{masa específica del aire} = 1{,}30 kg/m^3 \\ 1cal = 4{,}2J \end{cases}$

517 ¿Cuántas calorías son necesarias para calentar 200ℓ de agua, de 15°C a 70°C? Siendo: la densidad del agua 1kg/ℓ y el calor específico del agua = $1 \frac{cal}{g \cdot {}^{\circ}C}$, ¿cuál es la potencia necesaria para realizar esa operación en 3 horas? Considere que 1cal = 4,2J.

518 ¿Cuántas calorías alimentarias debe ingerir diariamente un atleta, sabiendo que sus actividades consumen 1kW?

Siendo $\begin{cases} 1 \text{ caloría alimentaria} = 1kcal \\ 1cal = 4J \end{cases}$

519 El calor de combustión es la cantidad de calor liberada al quemar una unidad de masa del combustible. El calor de combustión del gas de cocina es 6 000kcal/kg. ¿Aproximadamente cuántos litros de agua, a la temperatura de 20°C, pueden ser calentados hasta la temperatura de 100°C con un balón de gas de 13kg? Desprecie las pérdidas de calor.

520 Un afilador de cuchillos, al operar el esmeril, es alcanzado por chispas incandescentes pero no se quema. ¿Por qué ocurre eso?

7 Principio de igualdad de intercambio de calor

Cuando dos o más cuerpos con temperaturas diferentes se colocan próximos uno de otro o en contacto, ellos intercambian calor entre sí hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Si el sistema no intercambia energía con el ambiente, si se halla térmicamente aislado, se tiene:

- $Q_A < 0$ (cede calor);
- $Q_B > 0$ (recibe calor).

$$Q_A + Q_B = 0$$

Se observa que la cantidad de calor cedida por A es igual, en valor absoluto, a la cantidad de calor ganada por B.

Si se tuvieran n cuerpos, se tendría:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots + Q_n = 0$$

Subido por Leazeel

La cantidad de calor ganada por un cuerpo es igual a la cantidad de calor cedida por los otros.

Cuando se coloca agua caliente en un recipiente, el agua pierde calor y el recipiente lo gana hasta que el agua y el recipiente estén a la misma temperatura, es decir, hasta que alcancen el equilibrio térmico.

Si no hubiese intercambio de calor con el ambiente, la cantidad de calor cedida por el agua debería ser igual a la cantidad de calor ganada por el recipiente.

Al existir intercambio de calor con el ambiente, la cantidad de calor cedida por el agua es igual a la suma de las cantidades de calor absorbidas por el recipiente y por el ambiente.

A los recipientes utilizados para estudiar el intercambio de calor entre dos o más cuerpos se denominan *calorímetros*.

Los calorímetros no permiten pérdidas de calor hacia el medio ambiente, es decir, son recipientes térmicamente aislados.

Problemas de Aplicación

1 Una taza de 50g de masa se halla a 34°C. En ella se colocan 250g de agua a 100°C. Se verifica que en el equilibrio térmico la temperatura es de 94°C. Admitiendo que sólo hay intercambio de calor entre la taza y el agua, determine el calor específico del material del que la taza está constituída. Siendo calor específico del agua = $1\frac{cal}{g \cdot °C}$.

Solución:

Ubicando los datos en una tabla, se tiene:

	m	c	t_f	t_i
taza	50	c	94	34
agua	250	1	94	100

Aplicando el principio de igualdad del intercambio de calor, se tiene:

$$Q_{taza} + Q_{agua} = 0 \Rightarrow mc(t_f - t_i) + mc(t_f - t_i) = 0$$

$$50 \cdot c \cdot (94 - 34) + 250 \cdot 1 \cdot (94 - 100) = 0$$

$$50 \cdot c \cdot 60 + 250 \cdot (-6) = 0 \Rightarrow c = 0{,}5\ \frac{cal}{g \cdot °C}$$

Respuesta: $0{,}5\ \frac{cal}{g \cdot °C}$

2 Un calorímetro cuya capacidad térmica es 8cal/°C contiene 120g de agua a 15°C. Un cuerpo de masa x (gramos) y cuya temperatura es 60°C es colocado en el interior del calorímetro. Sabiendo que el calor específico del cuerpo es $0{,}22\ \frac{cal}{g \cdot °C}$ y que la temperatura de equilibrio térmico es 21,6°C, calcule el valor de x.

Solución:

Se forma la tabla:

	m	c	t_f	t_i
calorímetro	8		21,6	15
agua	120	1	21,6	15
cuerpo	x	0,22	21,6	60

Subido por Leazeel

Aplicando el principio de intercambio de calor, se tiene:

$$Q_{calorímetro} + Q_{agua} + Q_{cuerpo} = 0 \Rightarrow mc(t_f - t_i) + mc(t_f - t_i) + mc(t_f - t_i) = 0$$

$$8(21,6 - 15) + 120(21,6 - 15) + 0,22x(21,6 - 60) = 0$$

$$x = 100g$$

Respuesta: x = 100g

PROBLEMAS PROPUESTOS

521 Un vaso de latón contiene 500g de agua a 20°C. En el agua se sumerge un bloque de hierro de 200g de masa y cuya temperatura es 70°C. Despreciando al calor absorbido por el vaso, calcule la temperatura del equilibrio térmico.

Siendo { calor específico del hierro = 0,114cal/g · °C.
calor específico del agua = 1cal/g · °C.

522 Un calorímetro ideal contiene 80g de agua a 20°C. Un cuerpo de 50g de masa a 100°C se coloca en el interior del calorímetro. Sabiendo que el calor específico del agua es 1cal/g · °C y que el equilibrio térmico se produce a 30°C, determine el calor específico de la sustancia que compone el cuerpo.

523 Un pequeño cilindro de aluminio, de 50g de masa, está colocado en una estufa. En un determinado instante, el cilindro se quita de la estufa y rápidamente se coloca en un termo que contiene 330g de agua. Se observa que la temperatura en el interior del termo se eleva de 19°C a 20°C. Calcule la temperatura de la estufa, en el instante en que el cilindro fue retirado.

Siendo $C_{Al} = 0,22cal/g \cdot °C$ y $C_{agua} = 1cal/g \cdot °C$.

524 Un calorímetro contiene 90g de agua a una temperatura ambiente de 25°C. En su interior se coloca una masa de hierro de 100g a una temperatura de 90°C. Al alcanzar el equilibrio térmico, el termómetro indica 30°C. Sabiendo que los calores específicos del agua y del hierro son 1cal/g · °C y 0,11cal/g · °C, respectivamente, calcule la capacidad térmica del calorímetro.

525 Cuatro cuerpos, cuyos calores específicos, masas y temperaturas son respectivamente 0,20cal/g · °C, 100g, 10°C; 0,09cal/g · °C, 200g, 25°C; 0,05cal/g · °C, 300g, 35°C; x, 400g, 40°C, se ponen en contacto unos con otros y alcanzan el equilibrio térmico a la temperatura de 30°C. Suponiendo que el sistema está térmicamente aislado, calcule el calor específico x del cuarto cuerpo.

526 Un calorímetro de cobre, de 25g de masa, contiene 100g de alcohol a la temperatura de 8°C. Introduciendo en el alcohol del calorímetro un bloque de cobre de 200g de masa y temperatura igual a 100°C, se observó que la temperatura del calorímetro, cuando alcanzó el equilibrio térmico, se elevó a 28,5°C. Sabiendo que el calor específico del cobre es 0,095cal/g · °C, calcule el calor específico del alcohol.

527 Una cacerola de hierro de 2 500g de masa se halla a una temperatura de 20°C. Se derrama en ella 1 litro de agua a 80°C. Admitiendo que sólo hay intercambio de calor entre el agua y la cacerola, determine la temperatura del equilibrio térmico.

Siendo { calor específico del hierro = 0,1cal/g · °C;
calor específico del agua = 1cal/g · °C;
densidad absoluta del agua = 1kg/ℓ.

528 En la cocina de un restaurante hay dos calderos con agua, uno a 20°C y el otro a 80°C. ¿Cuántos litros se deben tomar de cada uno para obtener, después la mezcla, 10ℓ de agua a 26°C?

529 Un hombre desea bañarse en una tina de agua con temperatura de 30°C, mezclando agua caliente y fría. Inicialmente, él coloca en la tina 100ℓ de agua fría a 20°C. Despreciando a la capacidad térmica de la tina y la pérdida de calor del agua, responda:

a) ¿cuántos litros de agua caliente, a 50°C, él debe colocar en la tina?

b) si el caudal de la canilla de agua caliente es de 0,20ℓ /s, ¿durante cuánto tiempo la canilla deberá estar abierta?

530 Un horno eléctrico proporciona 40kcal a un recipiente de aluminio de 1,4kg de masa que contiene 2,5kg de alcohol etílico. Se sabe que la temperatura inicial del recipiente es 16°C. ¿Cuál será la temperatura final, suponiendo que el 25% del calor suministrado por el horno se disipe? Siendo: calor específico del aluminio = 0,21cal/g · °C; calor específico del alcohol etílico = 0,58cal/g · °C.

Subido por Leazeel

8 Estados de la materia

Calentándose el agua contenida en un recipiente, ella se puede transformar en vapor. Si se enfría, se puede transformar en hielo.

A esos modos o formas diferentes en que se presenta una sustancia se denomina *estados de la materia*.

La materia se puede presentar en tres estados distintos: *sólido*, *líquido* y *gaseoso*.

Considerando que la materia está formada de moléculas, esos estados se explican por el hecho de que la unión entre las moléculas se hace por fuerzas de atracción (fuerzas eléctricas) que actúan como resortes, permitiendo que las moléculas vibren en torno a una posición de equilibrio.

En los sólidos, las moléculas se encuentran muy unidas y, por tanto, las fuerzas de atracción son intensas. Por eso las moléculas no se pueden soltar y tienen solamente un movimiento vibratorio, haciendo que los sólidos tengan volumen y forma definidos.

En el estado líquido las fuerzas de atracción disminuyen porque las moléculas se distancian más y tienen mayor libertad de movimiento. En ese estado el cuerpo tiene un volumen constante pero no tiene forma propia.

Si las moléculas se separan más aún, las fuerzas de atracción pasan a tener intensidad muy pequeña. A partir de ahí, ocurre la expansibilidad, que caracteriza al estado gaseoso.

Los gases no tienen forma ni volumen constante y ocupan todo el espacio disponible.

9 Influencia de la temperatura en el estado físico

Cuando la temperatura de un sólido aumenta suficientemente, la energía cinética de sus moléculas aumenta tanto que vence a las fuerzas de atracción y hace que esas moléculas abandonen las posiciones fijas que ocupaban haciendo que lo sólido pase al estado líquido.

Continuando el aumento de la temperatura de esa sustancia, la agitación de las moléculas aumenta hasta vencer totalmente las fuerzas de atracción, y las moléculas pasan a moverse con gran facilidad, es decir, la sustancia alcanza el estado gaseoso.

Si se disminuye la temperatura, los fenómenos se producen en el sentido inverso, es decir, la agitación de las moléculas disminuye y la sustancia pasa del estado gaseoso al estado líquido y de éste al estado sólido.

Subido por Leazeel

10 Cambios de estado

Una sustancia puede pasar de un estado a otro mediante la recepción o cesión de calor. Esos cambios de estado son:

a) Fusión: es el paso de una sustancia del estado sólido al estado líquido.
b) Solidificación: es el paso del estado líquido al estado sólido.
c) Vaporización: es el paso del estado líquido al estado gaseoso.
d) Condensación o licuefacción: es el paso del estado gaseoso al estado líquido.
e) Sublimación: es el paso directo del estado sólido al estado gaseoso o del estado gaseoso al estado sólido, sin pasar por el estado líquido.

Los fenómenos de fusión y los de vaporización de una sustancia siempre ocurren debido a la ganancia de calor, mientras la solidificación y la licuefacción ocurren debido a la pérdida de calor.

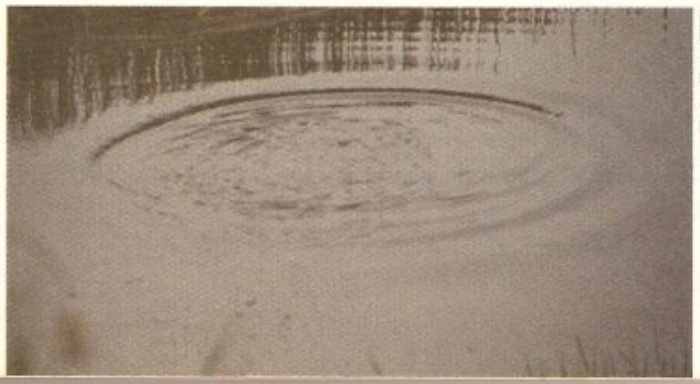
A presión y temperatura ambientales medias, se pueden citar como ejemplos de sustancias que subliman la naftalina y el hielo seco.

11 Tipos de vaporización

De acuerdo con la forma en se produce el fenómeno se pueden tener los siguientes tipos de vaporización: *evaporación* y *ebullición*.

a) Evaporación

Es el paso de una sustancia del estado líquido al gaseoso a través de un proceso lento que ocurre solamente en la superficie del líquido.



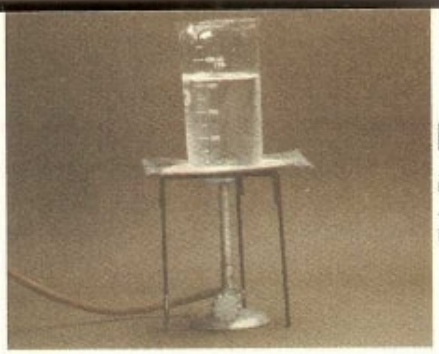
Thales Trigo/FTD

Agua de un lago

Subido por Leazeel

b) Ebullición

Es el nombre que se le da al paso de una sustancia del estado líquido al gaseoso, cuando el fenómeno ocurre de una manera *tumultuosa* y en todo el líquido.



Thales Trigo/FTD

Agua en un recipiente calentado al fuego

12 Calor latente

El comportamiento de las sustancias durante los cambios de estado puede ser interpretado a través de los siguientes hechos:

- Para pasar del estado líquido al estado sólido, un gramo de agua necesita perder 80cal. Del mismo modo, para derretir un gramo de hielo se necesita ganar 80cal.

  Se observa que 80cal representan la cantidad de calor que el agua gana o pierde cuando se derrite o se congela, estando a 0°C.
- Si el agua está a 100°C, cada gramo necesita 540cal para pasar al estado gaseoso, y cada gramo de vapor necesita perder 540cal para pasar al estado líquido.

Otras sustancias también poseen valores fijos de cantidad de calor que un gramo de sustancia necesita ganar o perder para pasar de un estado a otro. Esa cantidad de calor es denominada *calor latente* y se indica por la letra L.

El calor latente provoca únicamente un cambio de estado del cuerpo, sin alterar su temperatura.

Para calcular el calor latente de una sustancia, basta dividir la cantidad de calor Q que la sustancia necesita ganar o perder para cambiar de estado por la masa m de la sustancia.

$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow \boxed{Q = m\,L}$$

L = calor latente en cal/g

Se empleará la notación:

$L_f \rightarrow$ calor latente de fusión
$L_v \rightarrow$ calor latente de vaporización
$L_s \rightarrow$ calor latente de solidificación
$L_c \rightarrow$ calor latente de condensación

En el curso se adoptarán:

- Calor latente de fusión del hielo (a 0°C) $L_f = 80\text{cal/g}$
- Calor latente de solidificación del agua (a 0°C) $L_s = -80\text{cal/g}$
- Calor latente de vaporización del agua (a 100°C) $L_v = 540\text{cal/g}$
- Calor latente de condensación del vapor (a 100°C) $L_c = -540\text{cal/g}$

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Un bloque de hielo de 600g de masa se halla a 0°C. Determine la cantidad de calor que se debe proporcionar a esa masa para que ella se transforme totalmente en agua a 0°C. Siendo: $L_f = 80cal/g$.

Solución:

La cantidad de calor que se debe proporcionar al bloque de hielo es para que él se transforme totalmente en agua a 0°C. Luego:

$Q = mL_f \Rightarrow Q = 600 \cdot 80 \Rightarrow Q = 48\,000cal$ o $Q = 48kcal$

Respuesta: 48kcal

2 Un bloque de aluminio de 500g se halla a una temperatura de 80°C. Determine la masa del hielo a 0°C que se necesita colocar en contacto con el aluminio para obtenerse un sistema aluminio–agua a 0°C.

Datos { calor específico del aluminio = 0,21cal/g · °C
calor latente de fusión del hielo = 80cal/g

Solución:

La masa de hielo que se funde produce la disminución hasta 0°C del bloque de aluminio. Luego:

$$Q_{hielo} + Q_{aluminio} = 0 \Rightarrow \quad m_1L_f + m_2\,c(t_f - t_i) = 0$$
$$m_1 \cdot 80 + 500 \cdot 0,21 \cdot (0 - 80) = 0$$
$$m_1 = 105g$$

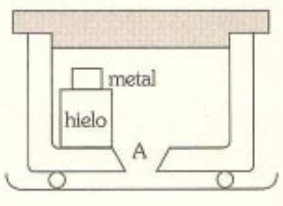
Respuesta: 105g

PROBLEMAS PROPUESTOS

531 Un bloque de hielo de 200g de masa se encuentra a 0°C. Calcule la cantidad de calor que se debe proporcionar a ese bloque para que él se transforme totalmente en agua a 0°C. Siendo $L_f = 80cal/g$.

532 Halle la cantidad de calor que se debe retirar de una masa de 400g de agua líquida a 0°C para que ella se transforme en hielo a 0°C. Siendo $L_s = -80cal/g$.

533 El calorímetro de la figura, cuya capacidad térmica es despreciable, posee un agujero A. Se colocan en el calorímetro $m_1 = 30g$ de hielo fundente ($\theta_1 = 0°C$) de calor latente de fusión $L = 80cal/g$, y $m_2 = 100g$ de un metal de calor específico $C = 0,20cal/g \cdot °C$ a la temperatura θ_m, alcanzando el equilibrio térmico entre el hielo y el metal, se observa que restó $\frac{1}{3}$ de la masa inicial del hielo. ¿Cuál es la temperatura θ_m?



534 Un cuerpo de cobre de 600g de masa, a la temperatura de 340K, es colocado sobre un bloque de hielo a 0°C. Despreciando a las pérdidas de calor, determine la masa de hielo que será fundida. Siendo: calor específico del cobre = 0,092cal/g · °C; calor latente de fusión del hielo = 80cal/g.

535 Un determinado metal posee calor específico $C = 0,20cal/g \cdot K$ en estado sólido, punto de fusión $\theta_f = 1\,300K$, calor de fusión $L = 50cal/g$. Una muestra de ese metal posee masa $m = 100g$ y se encuentra, inicialmente, a la temperatura $\theta_i = 300K$. A la muestra se le proporciona calor, hasta que se funda la mitad. Determine la cantidad de calor recibida por la muestra.

536 En el interior de un horno de microondas de 1 200W se colocan 900g de hielo a 0°C para transformarlo totalmente en agua también a 0°C. Admitiendo que toda la energía proporcionada por el horno será absorbida por el hielo, determine el tiempo a ser programado para el horno.

Siendo { calor latente de fusión del hielo = 80cal/g
1cal = 4J

Subido por Leazeel

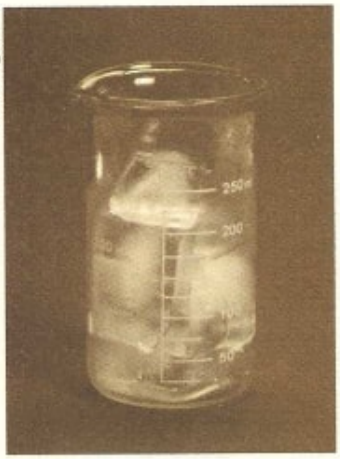
13 Curvas de calentamiento y de enfriamiento

Considerando un bloque de hielo, a la temperatura de −20°C a presión normal, contenido en el recipiente de la figura.

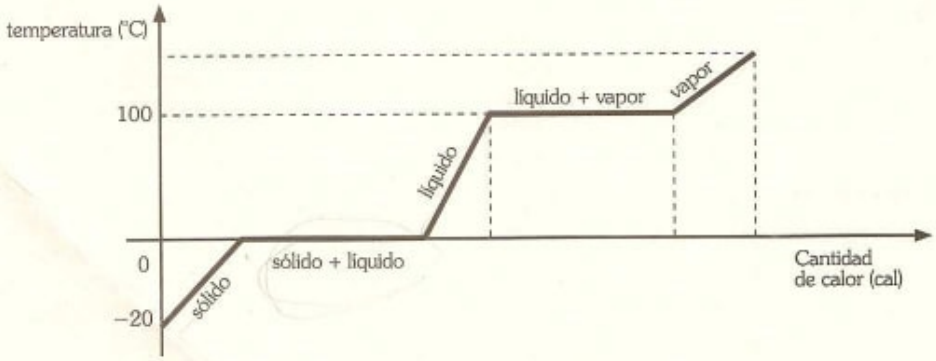
Proporcionando calor al bloque de hielo y, mediante un proceso cualquiera, manteniendo la presión constante, se verifica que:

- La temperatura del bloque de hielo comienza a aumentar hasta alcanzar el punto de fusión a 0°C, es decir, pasa de −20°C a 0°C.
- A partir de ese instante, comienza el proceso de transformación de sólido a líquido, es decir, la fusión del hielo. Durante un determinado tiempo, la temperatura permanece constante, aunque continúe el suministro de calor, hasta que el bloque de hielo se transforme totalmente en líquido.
- Con el término de la fusión, el suministro de calor vuelve a producir un aumento de temperatura del cuerpo, ahora en estado líquido, hasta alcanzar la temperatura de ebullición, es decir, 100°C a presión normal.
- A partir de ese instante, se inicia el proceso de ebullición del líquido, con la transformación de éste a vapor. En ese momento la temperatura vuelve a permanecer constante, a 100°C, hasta que toda la masa del líquido se transforma en vapor.
- De ahí, entonces, el calor suministrado servirá para un mayor calentamiento del vapor de agua que existe en el recipiente.

Thales Trigo/FTD



El gráfico ilustra el comportamiento del fenómeno descrito y se denomina *curva de calentamiento*.



Suponiendo el proceso inverso, es decir, el retiro del calor del vapor, ocurrirá la condensación y la solidificación. En ese caso, al gráfico se denomina *curva de enfriamiento*.

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Se coloca un pedazo de hielo de 80g de masa, a la temperatura de −18°C, en un calorímetro que contiene 400g de agua a 30°C. La capacidad térmica del calorímetro es 80cal/°C. Calcule la temperatura de equilibrio térmico.

Siendo
- calor específico del hielo = 0,5cal/g · °C
- calor específico del agua = 1cal/g · °C
- calor latente de fusión del hielo = 80cal/g

Solución:

Ubicando los datos en una tabla, se tiene:

	m	c	t_f	t_i
calorímetro	80		x	30°
agua	400	1	x	30°
hielo (sensible)	80	0,5	0	−18
hielo (latente)	80	80		
agua (sensible)	80	1	x	0

$Q_{cal} + Q_{agua} + Q_{hielo\ (sensible)} + Q_{hielo\ (latente)} + Q_{agua\ (sensible)} = 0$

$80\,(x - 30) + 400 \cdot 1 \cdot (x - 30) + 80 \cdot 0{,}5\,(0 + 18) + 80 \cdot 80 + 80 \cdot 1 \cdot (x - 0) = 0$

$80x - 2\,400 + 400x - 12\,000 + 720 + 6\,400 + 80x = 0$

$x = 13°C$

Respuesta: 13°C

2 Un bloque de hielo de 400g de masa se halla a una temperatura de −30°C, a presión normal. Siendo: $L_f = 80cal/g$, $L_v = 540cal/g$, $C_{hielo} = 0{,}5cal/g \cdot °C$ y $C_{agua} = 1cal/g \cdot °C$:

a) determine la cantidad de calor necesaria para transformar totalmente ese bloque de hielo a vapor a 100°C;

b) construya el gráfico temperatura símbolo × cantidad de calor.

Solución:

a)

Cálculo de las cantidades de calor:

$Q_1 = mc\,(t_f - t_i) = 400 \cdot 0{,}5\,[0 - (-30)] = 6\,000cal$

$Q_2 = mL_f = 400 \cdot 80 = 32\,000cal$

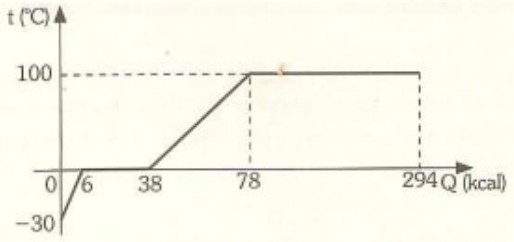
$Q_3 = mc\,(t_f - t_i) = 400 \cdot 1 \cdot (100 - 0) = 40\,000cal$

$Q_4 = m \cdot L_v = 400 \cdot 540 = 216\,000cal$

Cálculo de la cantidad de calor total:

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \Rightarrow Q = 6\,000 + 32\,000 + 40\,000 + 216\,000 \Rightarrow Q = 294kcal$

Subido por Leazeel

b) 

Respuesta: a) 294kcal b) Vea solución.

PROBLEMAS PROPUESTOS

537 Un bloque de hielo de 8kg de masa se halla a una temperatura de −20°C, a presión normal.

Siendo { calor específico del hielo = 0,5cal/g · °C.
calor específico del agua = 1cal/g · °C.
calor latente de fusión del hielo = 80cal/g.

a) ¿Cuál es la cantidad de calor necesaria para transformar totalmente ese bloque de hielo en agua a la temperatura de 30°C?

b) Construya el gráfico temperatura × cantidad de calor durante ese proceso.

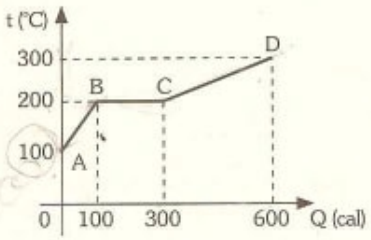
538 Un bloque de hielo, de 100g de masa, que se halla a una temperatura inicial de −10°C, se calienta hasta fundir totalmente. En seguida se calienta el agua obtenida hasta su vaporización total. Sabiendo que el calor específico del hielo es 0,5cal/g · °C y que los calores de fusión del hielo y vaporización del agua son 80cal/g y 540cal/g, respectivamente, calcule la cantidad de calor total en ese calentamiento.

539 Se considera un bloque de hielo de 200g de masa a −8°C. Determine la cantidad de calor necesaria para transformarlo totalmente en vapor, considerando un rendimiento del 60%.

Siendo { calor específico del hielo = 0,5cal/g · °C
calor específico del agua = 1cal/g · °C
calor latente de fusión del hielo = 80cal/g
calor latente de vaporización del agua = 540cal/g

540 La temperatura de 250g de hielo sube de −20°C a 40°C, debido a una fuente de calor que le suministra 500cal por minuto. Siendo C_{hielo} = 0,5cal/g · °C y L_f = 80cal/g, calcule el tiempo empleado en el calentamiento.

541 Un cuerpo inicialmente sólido de 80g de masa recibe calor y sufre variación de temperatura conforme indica el gráfico.



Determine:

a) la temperatura de fusión de la sustancia;

b) el calor latente de fusión del cuerpo;

c) el calor específico del cuerpo en estado sólido;

d) el calor específico en estado líquido.

542 ¿Qué cantidad de agua a 25°C se necesita verter sobre 200g de hielo a −10°C a fin de obtener agua a 8°C?

Siendo { calor específico del hielo = 0,5cal/g · °C
calor específico del agua = 1cal/g · °C
calor latente de fusión del hielo = 80cal/g

543 En una cavidad localizada en un bloque de hielo (C_{hielo} = 0,5cal/g · °C) a −10°C se coloca un pedazo de cobre de 100g (C_{cobre} = 0,09cal/g · °C) a la temperatura de 200°C. Calcule la masa de hielo que será fundida.

Siendo { calor latente de fusión del hielo = 80cal/g
masa total del bloque de hielo = 280g

544 En un calorímetro que contiene 600g de agua a 20°C, se introdujeron 10g de hielo a 0°C y un bloque de 200g de un determinado material. Se sabe que la temperatura inicial del bloque era 400°C, que la capacidad térmica del calorímetro era 50cal/°C, que el calor de fusión del hielo es 80cal/g y que la temperatura del equilibrio térmico alcanzada por el sistema fue de 22°C, calcule el calor específico del material del bloque mencionado.

Subido por Leazeel

545 Un bloque de hielo de 60g de masa que se halla a −10°C es introducido al mismo tiempo que 20g de cobre a 80°C en un calorímetro que contiene 300g de agua a 20°C. Siendo la capacidad térmica del calorímetro igual a 50cal/°C y $C_{Cu} = 0{,}092 cal/g \cdot °C$, $L_f = 80 cal/g$, $C_{hielo} = 0{,}5 cal/g \cdot °C$, determine la temperatura final de equilibrio térmico.

546 En un calorímetro fueron colocados un bloque de hielo de 0,480kg de masa a la temperatura de −20°C y un cuerpo metálico de 50g de masa a la temperatura de θ = 600°C. Alcanzando el equilibrio térmico, se observó la aparición de una masa de agua de 15g proveniente de la fusión del hielo. Se dan: $C_{hielo} = 0{,}50 cal/g \cdot °C$ y calor latente de fusión del hielo = 80cal/g.

a) Determine el calor específico del metal del cuerpo.

b) Determine la cantidad de calor utilizada en la fusión del hielo.

547 Se colocan 50g de hielo a 0°C en 100g de agua. Después de cierto tiempo se verifica que existen 30g de hielo flotando en el agua y en equilibrio térmico. Admitiendo que no haya intercambio de calor con el ambiente y que el calor latente de fusión del hielo es 80cal/g, responda:

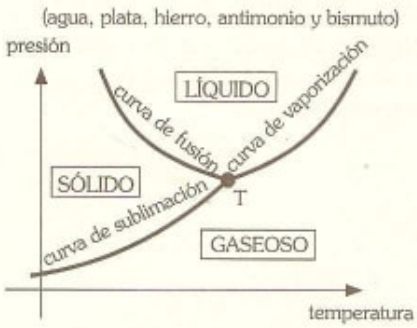
a) ¿Cuál es la temperatura final de la mezcla?

b) ¿Cuál es la temperatura inicial del agua?

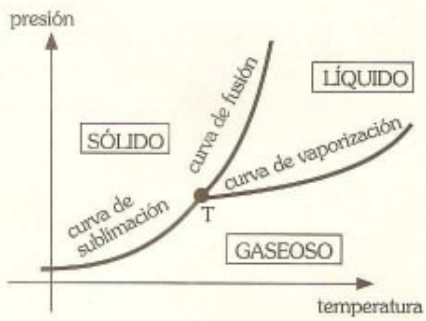
14 Diagrama de fases

Se denomina *diagrama de fases* al gráfico de la presión en función de la temperatura de una determinada sustancia. Se tienen dos casos:

1º caso: sustancia que disminuye de volumen al fundirse.



2º caso: sustancia que aumenta de volumen al fundirse.



Se observa que, conforme a la presión y la temperatura de la sustancia, ella puede presentarse en los estados *sólido*, *líquido* o *gaseoso*.

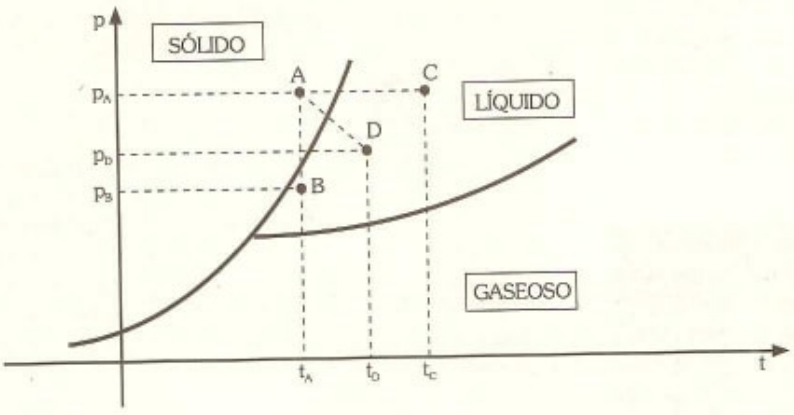
Un punto de la curva de fusión representa las condiciones de existencia de los estados sólido y líquido; de igual manera, un punto de la curva de vaporización representa las condiciones de coexistencia de los estados líquido y gaseoso.

El punto T, llamado *punto triple*, representa las condiciones de temperatura y presión para las cuales los estados sólido, líquido y gaseoso coexisten en equilibrio.

Los gráficos ilustran que se puede variar el estado de una sustancia a través de las variaciones de presión, de temperatura o ambas.

Subido por Leazeel

Se supone, por ejemplo, una sustancia en el estado A (p_A, t_A) de la figura.



Esa sustancia, inicialmente en estado sólido, podrá pasar al estado líquido de las siguientes maneras:

a) disminuyéndose la presión ($p_A \Rightarrow p_B$) y manteniéndose la temperatura constante (t_A);

b) aumentándose la temperatura ($t_A \Rightarrow t_C$) y manteniéndose la presión (p_A);

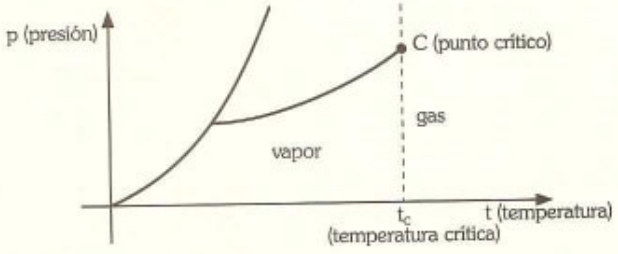
c) aumentándose la temperatura ($t_A \Rightarrow t_D$) y disminuyéndose la presión ($p_A \Rightarrow p_D$).

15 Gas y vapor

A partir de una determinada temperatura, característica de cada sustancia, denominada *temperatura crítica* (t_C), no pueden ocurrir la vaporización y la condensación.

Es decir, para una temperatura mayor que la temperatura crítica, la sustancia se halla siempre en el estado gaseoso, cualquiera sea el valor de la presión.

El diagrama ilustra lo expuesto.



A través de la temperatura crítica se puede establecer la diferencia entre el gas y el vapor.

Gas es una sustancia que, en estado gaseoso, se halla a una temperatura superior a su temperatura crítica y que no puede ser convertida a líquido por compresión isotérmica.

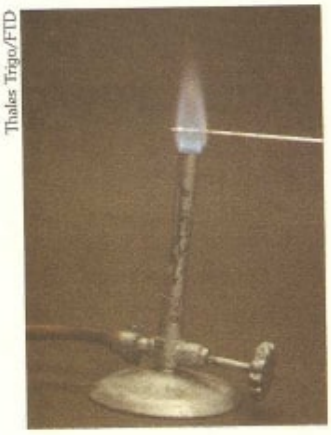
Vapor es una sustancia que, en estado gaseoso, se halla a una temperatura inferior a su temperatura crítica y que puede ser convertida a líquido por compresión isotérmica.

Subido por Leazeel

16 Transmisión de calor

Un cuerpo caliente no tarda en ponerse en equilibrio con la temperatura del medio exterior. Por lo tanto el calor pasa de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura.

La propagación del calor se realiza de tres modos diferentes: la *conducción*, la *convección* y la *irradiación* o *radiación*.



Thales Trigo/FTD

a) Conducción

Es el proceso de transmisión de calor por el cual la energía pasa de molécula a molécula sin que ellas sean desplazadas.

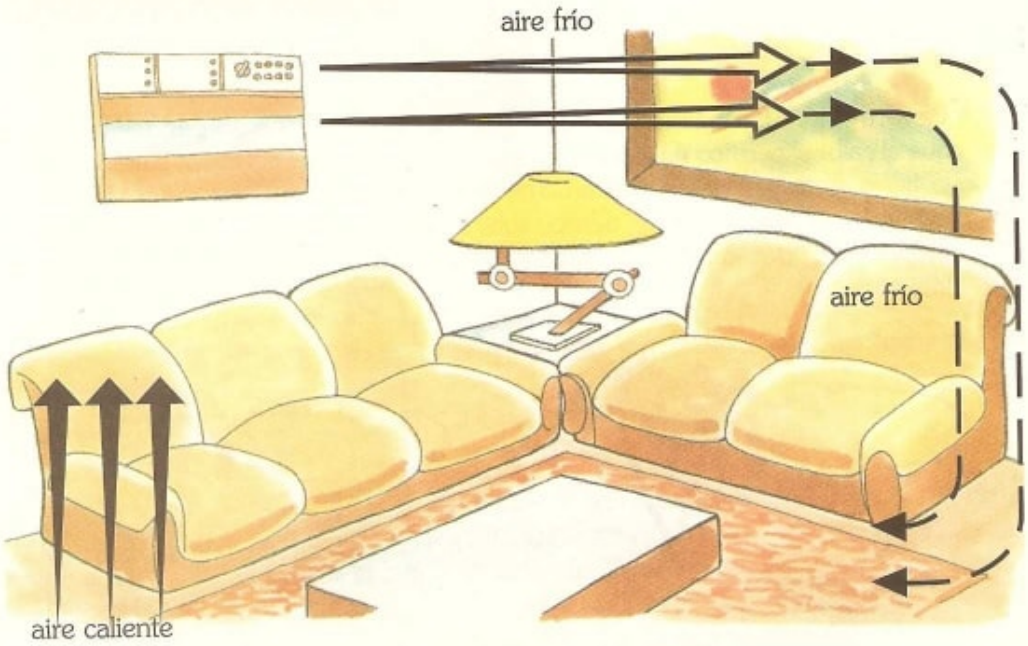
Ejemplo:

Calentando el extremo de una barra metálica, las moléculas pasan a vibrar con mayor intensidad, transmitiendo esa energía adicional a las moléculas más próximas, que también pasan a vibrar más intensamente y así sucesivamente hasta alcanzar el otro extremo.

Por ese motivo, los mangos de la cacerola son hechas de materiales llamados *aislantes*.

b) Convección

Es el proceso de transmisión del calor, en los líquidos o en los gases, por efecto de las capas calentadas a las que se llama *corrientes de convección*.



Subido por Leazeel

Ejemplo:

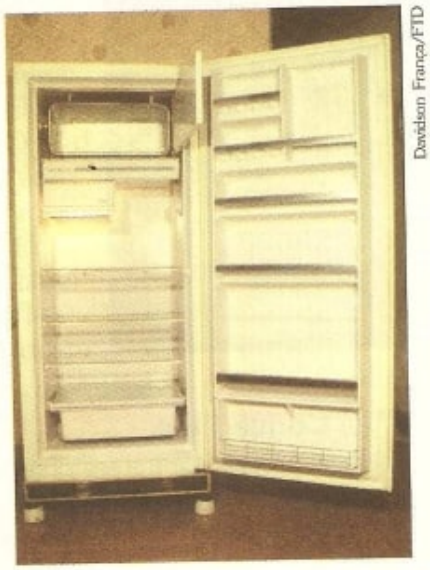
El aparato de aire acondicionado opera enviando aire frío hacia adentro de un ambiente. Pero su efecto es mejor cuando se coloca en la parte superior de una sala, porque de esa forma provoca la convección del aire, con la bajada del aire frío, que es más denso, y la subida del aire caliente, que es menos denso.

En la convección no ocurre paso de energía de un cuerpo a otro, pero sí movimiento de partículas, llevando consigo la energía de una posición a otra.

Por tanto, la convección no puede ocurrir en el vacío.

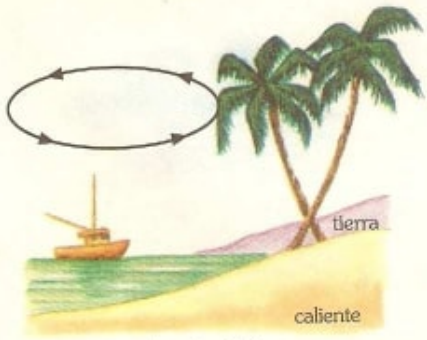
La convección explica los siguientes fenómenos:

- En un refrigerador, el congelador queda localizado en la parte superior, porque el aire en contacto con él sufre un enfriamiento, volviéndose más denso, y baja, provocando la subida del aire más caliente (menos denso), formando, así, corriente de convección.



Davidson França/FTD

- La formación de las brisas en las regiones litorales se debe en parte al hecho de que el calor específico de la tierra es mucho menor que el del agua. Durante el día, la tierra se calienta más rápidamente que el agua, el aire cercano a la tierra se expande, se vuelve menos denso, sube y se sustituye por el aire frío del mar, provocando, por lo tanto, corrientes de convección. En la noche, el proceso se invierte.



durante el día

durante la noche

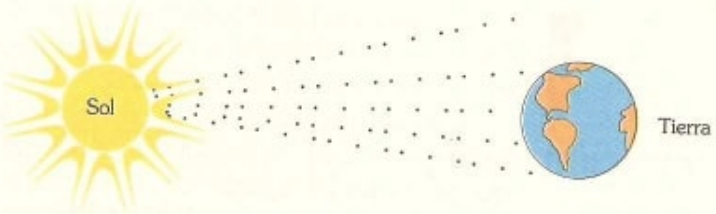
Subido por Leazeel

c) Radiación

Es el proceso de transmisión de energía entre dos cuerpos que no necesita de un medio material para propagarse.

Ejemplo:

La Tierra recibe energía emitida por el Sol, que pasa por el vacío, calentándola.



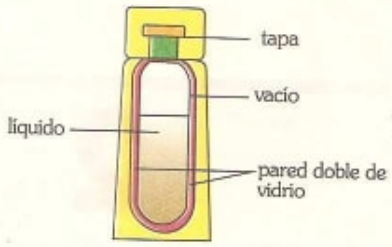
A esa energía, que no necesita de un medio material para propagarse y es transmitida a través de ondas electromagnéticas, se denomina *energía radiante*.

17 Aplicaciones de la transmisión del calor

a) Termo

Es una botella térmica que conserva por largo tiempo la temperatura de líquidos fríos o calientes.

Ella está construída de manera a evitar intercambio de calor entre el líquido y el medio externo.



Para impedir la conducción y la convección, la ampolla interna se hace de vidrio (mal conductor) con paredes dobles entre las cuales se hace el vacío, que, por la ausencia de moléculas, no conduce el calor. La radiación se evita espejando las caras de la ampolla de vidrio. Finalmente, una tapa bien ajustada aisla el termo de las posibles corrientes de convección.

b) Horno eléctrico de microondas

Microondas son ondas electromagnéticas de alta frecuencia (de 10^7Hz a 10^{11}Hz).

Las microondas penetran en el alimento a una profundidad de 2cm a 5cm, activando las moléculas de agua de los alimentos, causando vibraciones invisibles. El rozamiento de una molécula contra otra genera el calor que cocina los alimentos.

Las microondas atraviesan varias sustancias, como, por ejemplo, vidrio, plástico, porcelana, cerámica, papel, madera, etc., pero son reflejadas por los metales.

Subido por Leazeel

Unidad IX
Gases

1 Introducción

Los gases se hallan constituidos de pequeñas partículas denominadas *moléculas* que se mueven desordenadamente en todas las direcciones y sentidos.

Cuando una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido, se dice que se produjo un cambio de estado o cambio de estado de agregación de las moléculas. Por otro lado, si la sustancia sufre alteración en una o más de sus magnitudes físicas —presión, volumen, temperatura, densidad—, se dice que hubo una transformación o cambio de estado.

El estado de un gas se caracteriza por el valor de tres magnitudes físicas: el volumen V, la presión p, y la temperatura T, que se denominan *variables de estado de un gas.*

En general, el cambio de una de esas variables de estado provoca alteración en por lo menos una de las otras variables, presentando el gas una transformación y consecuentemente un estado diferente del inicial.

La presión de 1atm y la temperatura de 273K o 0°C caracterizan las condiciones normales de presión y temperatura, que se indican con CNPT.

2 Leyes de las transformaciones de los gases

Para la simplificación del estudio de los gases se adopta un gas hipotético, o *gas perfecto* o *ideal*, que sigue rigurosamente las leyes de los gases y se mantiene siempre en el estado gaseoso. Los gases reales presentan un comportamiento que se aproxima más al del gas perfecto cuanto mayor sea su temperatura y menor su presión.

a) Ley de Boyle-Mariotte

Esta ley rige las transformaciones *isotérmicas* de un gas, es decir, aquellas que se producen a temperatura constante.

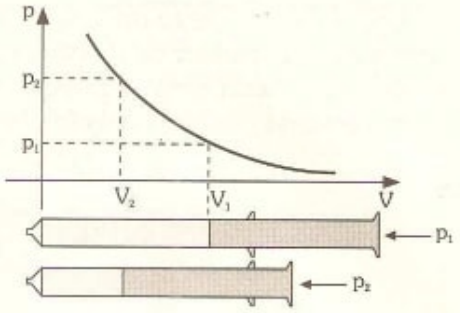
La Ley de Boyle-Mariotte se puede enunciar de la siguiente manera:

> A temperatura constante la presión de un gas es inversamente proporcional a su volumen, es decir:
>
> $p \cdot V = \text{constante}$.

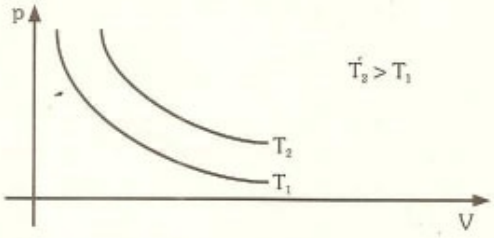
Subido por Leazeel

Considerando una jeringa de inyección que se mantiene a temperatura constante, con su extremo tapado, conteniendo un volumen V_1 de un gas que soporta la presión p_1; si la presión se duplica, por la ley de Boyle-Mariotte, el volumen se reduce a la mitad.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow p_1 V_1 = \textcircled{2} \cdot p_1 \cdot \frac{V_1}{\textcircled{2}}$$



La representación gráfica de la presión en función del volumen es una hipérbola equilátera llamada *isoterma*.



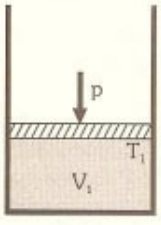
Con el aumento de la temperatura, el producto p · V se vuelve más alto y las isotermas se separan del origen de los ejes.

b) Ley de Gay-Lussac

Esta ley rige las transformaciones *isobáricas* de un gas, es decir, aquellas que se realizan a presión constante, cuyo enunciado expresa:

> A presión constante el volumen y la temperatura absoluta de un gas son directamente proporcionales, es decir: $\frac{V}{T}$ = constante.

Se supone una determinada masa gaseosa contenida en un cilindro provisto de un émbolo móvil, sujeto a una presión constante p ejercida por la atmósfera.

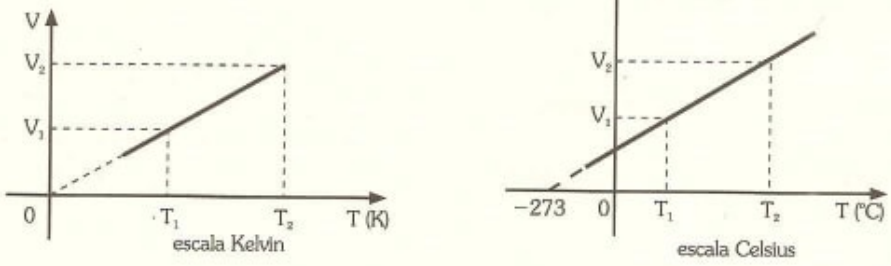


Subido por Leazeel

Con el calentamiento del sistema, las moléculas del gas se agitan más rápidamente aumentando el número de choques contra las paredes del recipiente, desplazando el émbolo móvil hacia arriba hasta que haya un equilibrio entre la presión interna y la externa actuando sobre el émbolo. Por la ley de Gay-Lussac:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

La representación gráfica de una transformación isobárica es una recta.



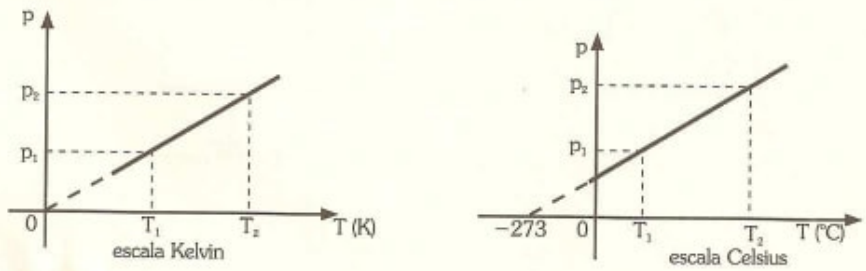
c) Ley de Charles

Esta ley se refiere a las transformaciones *isocóricas* o *isométricas*, es decir, aquellas que se realizan a volumen constante, cuyo enunciado expresa:

> A volumen constante la presión de una determinada masa de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, es decir:
>
> $$\frac{p}{T} = \text{constante}$$

De esa manera, aumentando la temperatura de un gas a volumen constante, aumenta la presión que él ejerce; disminuyendo la temperatura, la presión también disminuye. Teóricamente, al cesar la agitación térmica de las moléculas, la presión es nula y se llega al cero absoluto (−273,15°C).

La representación gráfica de la transformación isométrica es una recta.



Subido por Leazeel

3 Ecuación general de los gases perfectos

Cuando las tres variables de estado de una determinada masa de gas — presión, volumen y temperatura— presentan variaciones, se utiliza la ecuación general de los gases que engloba todas las transformaciones descritas anteriormente.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Según esta expresión, se tiene:

Problema de Aplicación

La masa específica del nitrógeno, considerado como un gas ideal, en las condiciones normales de temperatura y presión, es 1,25kg/m³. ¿Cuál será la masa de 10ℓ de nitrógeno a 40°C y 700mmHg de presión?

Solución:

Estado inicial

Datos $\begin{cases} p_1 = 760\text{mmHg} \\ T_1 = 273\text{K} \\ \mu = 1{,}25\text{kg/m}^3 \end{cases}$

Estado final

Datos $\begin{cases} V_2 = 10\ell \\ p_2 = 700\text{mmHg} \\ T_2 = 40°\text{C} = 313\text{K} \end{cases}$

El volumen V_1 del nitrógeno en CNPT está dado por:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{760 \cdot V_1}{273} = \frac{700 \cdot 10}{313} \Rightarrow V_1 = 8\ell \text{ o } V_1 = 8 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$$

Por lo tanto:

$$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow 1{,}25 = \frac{m}{8 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow m = 0{,}01\text{kg}$$

Respuesta: 0,01kg

PROBLEMAS PROPUESTOS

548 Una masa de aire, que ocupaba un volumen de 1ℓ cuando su temperatura y presión eran 20°C y 1atm, respectivamente, fue comprimida isotérmicamente hasta ocupar un volumen de 0,5ℓ.

a) ¿Cuál es la temperatura de la masa de aire al final del proceso?

b) ¿Cuál es la presión de la masa de aire al final del proceso?

549 Un recipiente cúbico de 20cm de arista contiene un gas a una presión de 0,8atm. Ese gas se transfiere a un cubo de 40cm de arista, manteniendo constante la temperatura. ¿Cuál es la nueva presión del gas?

550 Un cilindro de bomba de bicicleta tiene 50cm de longitud. La válvula se abre cuando el pistón está a 10cm del fondo. Sabiendo que la temperatura se mantiene constante, ¿con qué presión se abre la válvula? La presión atmosférica local es de 1atm.

Subido por Leazeel

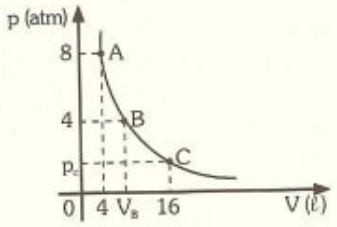
551 Un recipiente que resiste hasta una presión de $3,0 \cdot 10^5$Pa contiene un gas perfecto a una presión de $1,0 \cdot 10^5$Pa y a una temperatura de 27°C. Despreciando a la dilatación térmica del recipiente, calcule la temperatura máxima que el gas puede alcanzar.

552 Un congelador, regulado para mantener la temperatura en su interior a −10°C, fue cerrado y conectado cuando la temperatura ambiente estaba a 30°C. Calcule la presión en su interior luego de cierto tiempo de funcionamiento.

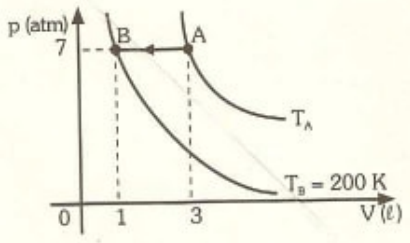
553 El gráfico ilustra la isoterma de una determinada cantidad de gas que es llevado del estado A al estado C. Determine:

a) el volumen del gas en el estado B;

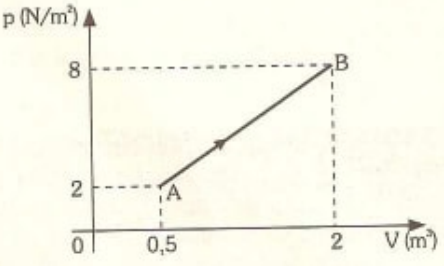
b) la presión del gas en el estado C.



554 Una determinada masa de gas sufre transformación del estado A al estado B, conforme se indica en la figura. Determine la temperatura T_A.



555 El diagrama indica la transformación gaseosa AB de un gas perfecto cuya temperatura inicial es 200K.

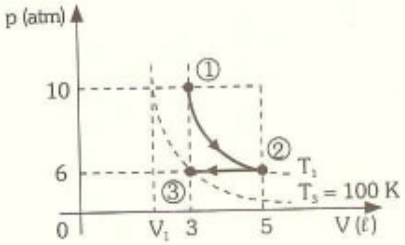


Determine la temperatura final.

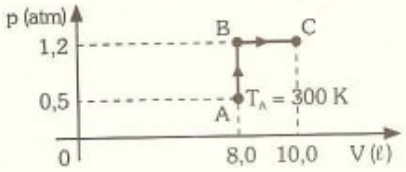
556 Cierta masa de gas, inicialmente en el estado 1, es llevada por transformaciones sucesivas hasta el estado 3, conforme indica el diagrama.

Determine:

a) T_1 b) V_1



557 Una determinada masa gaseosa experimenta las transformaciones que se indican en el diagrama de la presión en función del volumen. Determine las temperaturas en los estados B y C.



558 Una masa gaseosa ocupa un volúmen de 20ℓ, en CNPT. Si la presión que se ejerce sobre el gas se duplica y su temperatura se eleva hasta alcanzar un valor de 1 040°F, ¿cuál es el volumen que ese gas ocupará?

559 En el año 1992, se conmemoraron los ochenta años del descubrimiento de los rayos cósmicos, que actualmente son objeto de investigación de científicos rusos y de la Universidad Estadual Paulista (UNESP) por medio de globos estratosféricos. En el lanzamiento de esos globos, la envoltura impermeable que contiene el gas es apenas parcialmente llenado, de forma a prever la gran expansión que el gas sufrirá a elevadas altitudes, donde la presión es muy baja.

Suponga que uno de esos globos fue parcialmente llenado con 300m³ del gas helio, medidos al nivel del mar, en un día en que la temperatura era 27°C. ¿Qué volumen ocupará el gas cuando el globo estuviere a 30km de altura, donde la presión del aire es 0,01 de la presión al nivel del mar y la temperatura −50°C?

Subido por Leazeel

Unidad X
Termodinámica

1 Introducción

Es la parte de la Física que estudia las transformaciones entre calor y trabajo.

Calor y trabajo están relacionados porque presentan en común la misma modalidad de energía.

Calor: energía *en tránsito* de un cuerpo a otro en virtud de la diferencia de temperatura existente entre ellos.

Trabajo: energía *en tránsito* entre dos cuerpos debido a la acción de una fuerza.

Las transformaciones entre calor y trabajo serán estudiadas en *sistemas* formados por recipientes que contengan en equilibrio térmico una determinada masa de gas perfecto.

2 Energía interna

La energía interna de un gas perfecto monoatómico es la suma de las energías cinéticas medias de todas sus moléculas.

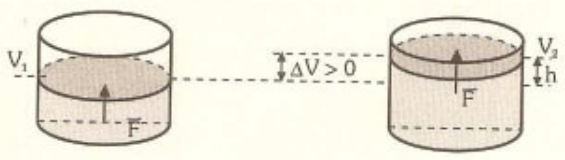
La energía interna de un gas perfecto está directamente asociada a su temperatura.

Cuando un sistema (gas) recibe una determinada cantidad Q de calor, él sufre un aumento ΔU de su energía interna y, por lo tanto, un aumento Δt de temperatura. Así:

- Si $\Delta t > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$: la energía interna aumenta.
- Si $\Delta t < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$: la energía interna disminuye.
- Si $\Delta t = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$: la energía interna no varía.

3 Trabajo en un sistema

Considerando un gas contenido en un cilindro provisto de un émbolo. Al expandirse, el gas ejerce una fuerza en el émbolo, que se desplaza en el sentido de la fuerza.



Subido por Leazeel

El trabajo de esa fuerza está dado por:

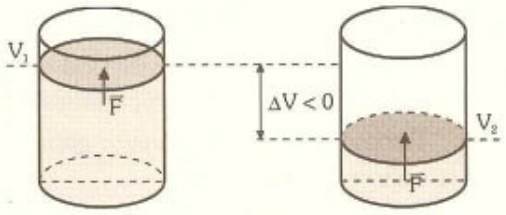
$\tau = F \cdot h \Rightarrow \tau = p \cdot S \cdot h$

$$\boxed{\tau = p \cdot \Delta V} \quad o \quad \boxed{\tau = p\,(V_2 - V_1)}$$

En una expansión el gas realiza un trabajo positivo sobre el medio exterior.

En una compresión el desplazamiento del émbolo tiene sentido opuesto al de la fuerza que el gas ejerce sobre el émbolo. El trabajo es resistente.

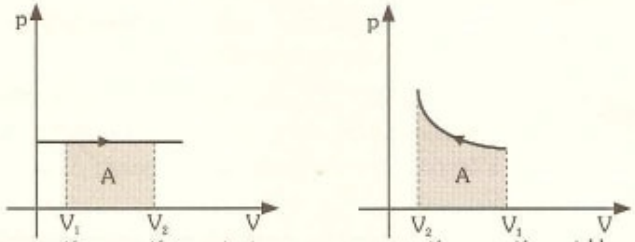
En la compresión el medio externo realiza un trabajo negativo sobre el gas.



Así, se tiene:

$\Delta V > 0 \Rightarrow \tau > 0$: el gas realiza trabajo sobre el medio.
$\Delta V < 0 \Rightarrow \tau < 0$: el medio realiza trabajo sobre el gas.
$\Delta V = 0 \Rightarrow \tau = 0$: el sistema no intercambia trabajo.

En un diagrama de presión × volumen, el trabajo realizado por la fuerza que el gas ejerce sobre el émbolo es numéricamente igual al área bajo la curva.



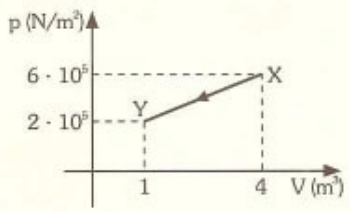
expansión a presión constante ($\tau > 0$)

compresión a presión variable ($\tau < 0$)

$$A \overset{n}{=} \tau$$

Problema de Aplicación

El diagrama muestra la transformación de una masa gaseosa del estado X al estado Y.

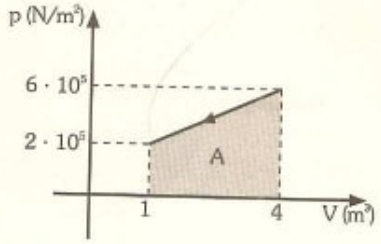


Determine el módulo del trabajo realizado sobre el gas.

Subido por Leazeel

Solución:

El área A de la figura es numéricamente igual al trabajo. Luego:



$$A = \mathcal{T} \Rightarrow \mathcal{T} = -\frac{(6 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5) \cdot 3}{2} \Rightarrow \mathcal{T} = -1{,}2 \cdot 10^6 J \text{ o } |\mathcal{T}| = 1{,}2 \cdot 10^6 J$$

Respuesta: $1{,}2 \cdot 10^6 J$

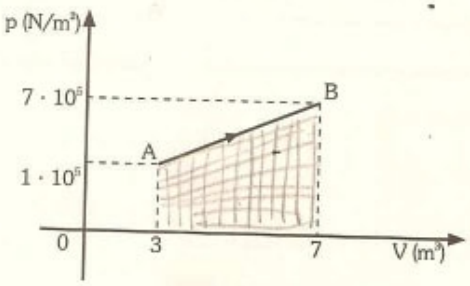
PROBLEMAS PROPUESTOS

560 En un proceso a presión constante de $2 \cdot 10^5 N/m^2$, un gas aumenta su volumen de $8 \cdot 10^{-6} m^3$ a $13 \cdot 10^{-6} m^3$. Calcule el trabajo realizado por el gas.

561 Un gas experimenta una tranformación isobárica a una presión de $1\,000 N/m^2$. Determine el trabajo realizado sobre el gas, cuando el volumen pasa de $8\,000 cm^3$ a $3\,000 cm^3$.

562 En una expansión isobárica, un gas ideal realiza un trabajo mecánico de $1 \cdot 10^4 J$. Sabiendo que la presión es de $2 \cdot 10^5 N/m^2$ y el volumen inicial del gas es de $6m^3$, determine el volumen final del gas después de esa expansión.

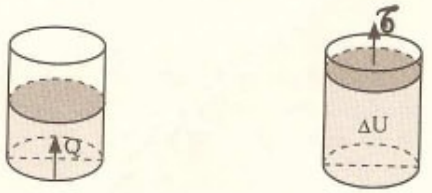
563 Una masa gaseosa realiza la transformación de A a B indicada por la figura. Calcule el trabajo realizado por el gas.



4 Primer principio de la Termodinámica

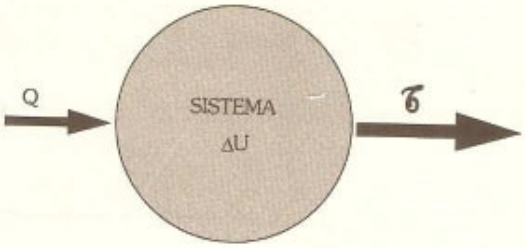
De acuerdo al principio de la conservación de la energía, la energía no puede ser creada ni destruida, solamente transformada de una especie a otra. El primer principio de la Termodinámica establece una equivalencia entre el trabajo y el calor intercambiado entre un sistema y su medio exterior.

Se considera un sistema que recibe una determinada cantidad de calor Q.



Subido por Leazeel

Parte de ese calor fue utilizada para realizar un trabajo τ y el restante provocó un aumento en su energía interna ΔU.



La correspondencia entre esas magnitudes se obtiene haciendo el balanceo energético entre calor, trabajo y energía interna.

Por lo tanto, se tiene:

$$Q = \tau + \Delta U \quad \text{o} \quad \Delta U = Q - \tau$$

Esta expresión representa analíticamente el *primer principio de la Termodinámica*, cuyo enunciado puede ser:

> La variación de la energía interna de un sistema es igual a la diferencia entre el calor y el trabajo intercambiados por el sistema con el medio exterior.

5 Balanceo energético

Para aplicar el primer principio, que relaciona las magnitudes calor, trabajo y energía interna, se necesita hacer un balanceo energético, es decir, saber cuándo esas magnitudes asumen valores positivos, negativos o nulos.

Se tienen las siguientes posibilidades:

gas (sistema)	recibe calor	$\Rightarrow Q > 0$	
	cede calor	$\Rightarrow Q < 0$	
	no intercambia calor	$\Rightarrow Q = 0$	(transformación adiabática $\tau = -\Delta U$)
gas (sistema)	realiza trabajo	$\Rightarrow \tau > 0$	(volumen aumenta)
	recibe trabajo	$\Rightarrow \tau < 0$	(volumen disminuye)
	no realiza ni recibe trabajo	$\Rightarrow \tau = 0$	(volumen constante, transformación isométrica $Q = \Delta U$)
gas (sistema)	aumenta la energía interna	$\Rightarrow \Delta U > 0$	(temperatura aumenta)
	disminuye la energía interna	$\Rightarrow \Delta U < 0$	(temperatura disminuye)
	no varía la energía interna	$\Rightarrow \Delta U = 0$	(temperatura constante, transformación isotérmica $Q = \tau$)

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Un sistema gaseoso recibe del medio externo 200cal en forma de calor. Sabiendo que 1cal = 4,2J, determine:

a) el trabajo intercambiado con el medio en una transformación isotérmica;

b) la variación de la energía interna en una transformación isométrica.

Solución:

a) En una expansión isotérmica, la temperatura permanece constante ($\Delta U = 0$); el gas, al recibir calor, aumenta su volumen y realiza un trabajo positivo.

Transformando la cantidad de calor en joules, se tiene:

$Q = 200\text{cal} = 200 \cdot 4{,}2 = 840\text{J}$

Luego:

$Q = \tau + \Delta U \Rightarrow 840 = \tau + 0 \Rightarrow \tau = 840\text{J}$

b) En una transformación isométrica, el volumen permanece constante ($\Delta V = 0$ y $\tau = 0$); el calor recibido se transforma en variación de la energía interna.

$Q = \tau + \Delta U \Rightarrow 840 = 0 + \Delta U \Rightarrow \Delta U = 840\text{J}$

Respuesta: a) 840J b) 840J

PROBLEMAS PROPUESTOS

564 En una transformación isobárica, un gas realiza un trabajo de 400J, cuando recibe del medio externo 500J. Determine la variación de energía interna del gas en esa transformación.

565 En una transformación isobárica, el volumen de un gas ideal aumentó de 0,20 m^3 a 0,60 m^3, bajo una presión de 5N/m^2. Durante el proceso, el gas recibió 5J de calor del ambiente. Determine la variación de energía interna del gas.

566 Una bomba de 200W de potencia comprime un gas contenido en un recipiente durante 30s. En ese tiempo el gas dispersa al ambiente externo una cantidad de calor de 400cal. ¿En cuánto varía la energía interna del gas?
Adopte 1cal = 4,18J.

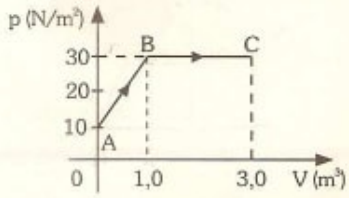
567 Un sistema tiene un volumen inicial de $2{,}5 \cdot 10^4 cm^3$. Suministrándole una cantidad de calor igual a 500cal y manteniéndose la presión constante e igual a $1 \cdot 10^5$N/m^2, la energía interna aumenta 800J. Calcule el volumen final del sistema. Adopte 1cal = 4,18J.

568 Sobre un sistema se realiza un trabajo de 3 000J y, en consecuencia, él suministra 500cal al medio exterior durante el mismo intervalo de tiempo. Determine la variación de la energía del sistema. Adopte 1cal = 4,2J.

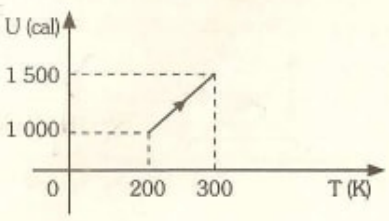
569 El gráfico representa las transformaciones experimentadas por un gas ideal.

a) Calcule el trabajo mecánico realizado por el gas en la expansión de A hasta C.

b) Se admite que, en la transformación, el gas recibe una cantidad de calor igual a 100J. Calcule la variación de la energía interna del gas.



570 El gráfico ilustra cómo varía la energía interna de un mol de oxígeno en una transformación isométrica, cuando su temperatura varía de 200K a 300K. Determine la cantidad de calor absorbida por el gas en la transformación.



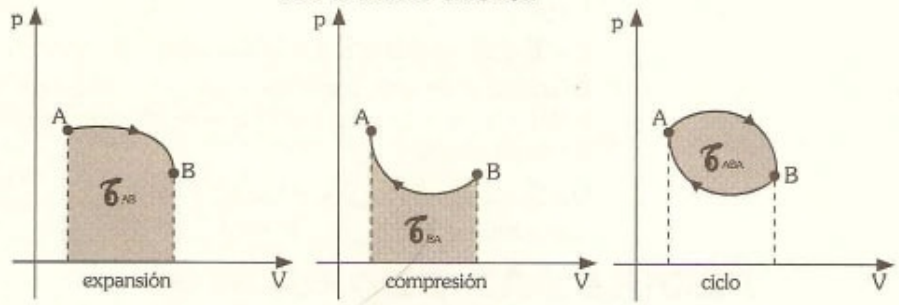
Subido por Leazeel

6 Transformación cíclica

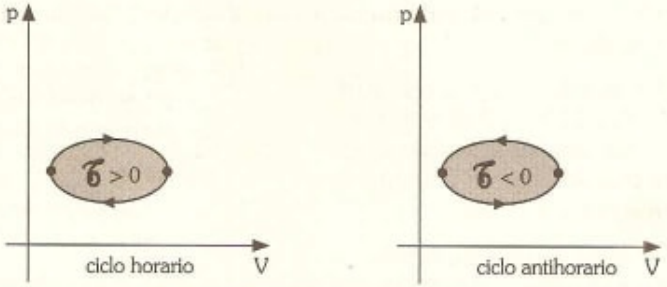
Se denomina *transformación cíclica* o *ciclo de un sistema* el conjunto de transformaciones experimentadas por el sistema de tal forma que sus estados final e inicial son iguales.

Como la temperatura final es igual a la temperatura inicial, la energía interna del sistema no varía ($\Delta U = 0$), habiendo una igualdad entre el calor y el trabajo intercambiados en cada ciclo.

En un diagrama p × V, una transformación cíclica es representada por una curva cerrada. El área interna del ciclo es numéricamente igual al trabajo total intercambiado con el medio exterior.

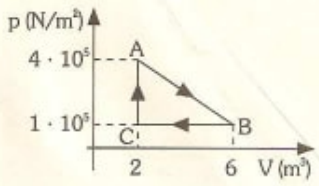


Cuando el ciclo es recorrido en el sentido horario, el sistema recibe calor y realiza trabajo; y en el sentido antihorario el sistema cede calor y recibe trabajo.



Problema de Aplicación

Cierta cantidad de gas experimenta un ciclo de transformaciones representado en el diagrama. Calcule el trabajo realizado por el gas al describir el ciclo ABCA, en joules, y el calor intercambiado entre el gas y el medio, en calorías. Use 1cal = 4,2J.



Solución:

Como es un ciclo, $\Delta U = 0$.

El área del triángulo es numéricamente igual al trabajo realizado.

$$\text{Área} = \frac{\text{base} \times \text{altura}}{2} \Rightarrow \tau = \frac{4(3 \cdot 10^5)}{2} = 6 \cdot 10^5 J$$

En el ciclo, $Q = \tau$. Luego:

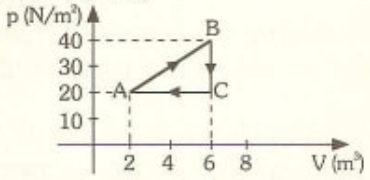
$$Q = 6 \cdot 10^5 J \Rightarrow \text{transformando } Q \Rightarrow \frac{6 \cdot 10^5}{4,2} \Rightarrow Q \approx 1,43 \cdot 10^5 cal$$

Respuesta: $6 \cdot 10^5 J$ y $\approx 1,43 \cdot 10^5 cal$

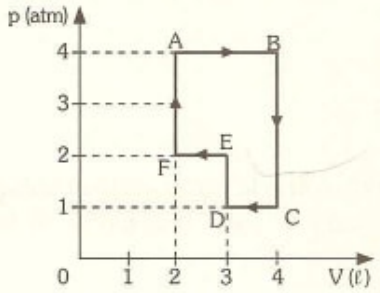
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

571 Se considera un gas ideal contenido en un recipiente provisto de un émbolo móvil que se puede mover libremente sin rozamiento. Partiendo del estado A, el gas experimenta las transformaciones indicadas en la figura. Determine el trabajo realizado (en joules) por el gas en el ciclo $A \to B \to C \to A$.

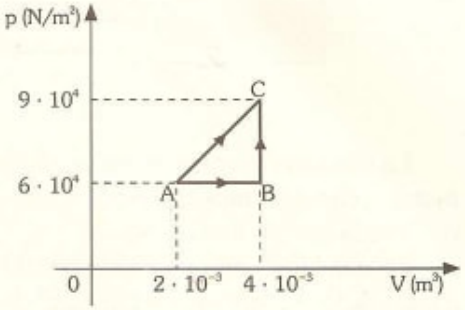


572 Un gas perfecto experimenta una serie de transformaciones a partir de los estados representados por los puntos A, B, C, D, E y F, volviendo al estado A, como indica el diagrama.



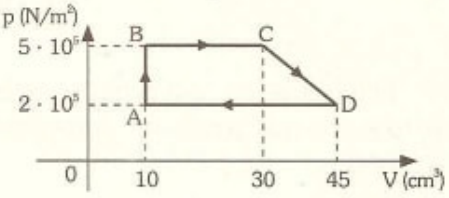
Siendo 1atm = $10^5 N/m^2$ y $1\ell = 10^{-3} m^3$, ¿cuál es el trabajo realizado, expresado en joules?

573 Un gas perfecto está contenido en un cilindro cerrado con un pistón móvil. Ese sistema puede ser llevado de un estado inicial A hasta un estado final C, siguiendo dos procesos distintos: AC y ABC. En el proceso AC el sistema recibe 300J de calor y en el proceso ABC recibe 270J. Calcule:



a) el trabajo realizado por el sistema en los dos procesos;
b) la variación de la energía interna del sistema al ser llevado de A a C y por ABC.

574 Un gas ideal experimenta la transformación cíclica ABCDA, conforme al gráfico.



Determine:
a) el trabajo realizado por el gas en cada una de las etapas del ciclo;
b) el trabajo total realizado por el gas en el ciclo;
c) la cantidad de calor, en calorías, intercambiada con el ambiente y la variación de la energía interna en el ciclo. Adopte 1cal = 4,2J.

7 Segundo principio de la Termodinámica

El segundo principio de la Termodinámica establece las condiciones en que es posible la transformación de calor en trabajo, completando, de esa forma, el primer principio, que trata solamente de la equivalencia entre el calor y el trabajo.

La conversión de calor en energía mecánica se consigue por medio de una máquina térmica. Como ejemplo de máquina térmica se pueden citar las turbinas a vapor, las turbinas a querosene, que impulsan los aviones a chorro, los motores de explosión, que queman gasolina, alcohol o diesel, o también un reactor termonuclear de una usina atómica.

Subido por Leazeel

Básicamente las máquinas térmicas funcionan siguiendo un mismo esquema.

La máquina térmica opera en ciclos y retira una determinada cantidad de calor de la fuente caliente, transformando parte de ese calor en trabajo. La parte restante es rechazada por la fuente fría.

En una locomotora a vapor, la caldera hace el papel de la fuente caliente de donde, a cada ciclo, es retirada un cantidad de calor Q_1. Una parte de ese calor se transforma en trabajo mecánico $\mathcal{T}$ (energía útil de la locomotora). La parte restante de calor, Q_2 (no aprovechada), es rechazada al medio ambiente, que hace el papel de la fuente fría.

El trabajo realizado por la máquina térmica es igual a la diferencia entre el calor recibido (retirado) y el calor rechazado.

$$\mathcal{T} = Q_1 - Q_2$$

El rendimiento de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo de la máquina que puede ser aprovechado y la cantidad de calor recibida de la fuente caliente.

$$\eta = \frac{\mathcal{T}}{Q_1}$$

$$\text{Como } \mathcal{T} = Q_1 - Q_2 \Rightarrow \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

En donde Q_1 y Q_2 están en módulo.

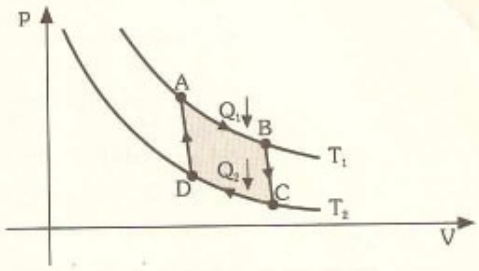
Como no todo el calor retirado de la fuente caliente es transformado en trabajo, el rendimiento de una máquina térmica nunca puede ser 100% ($\eta = 1$); de ahí el enunciado de Kelvin y Planck para el *segundo principio de la Termodinámica*:

> Es imposible construir una máquina térmica que, operando en ciclo, transforme en trabajo todo el calor recibido de una fuente.

Subido por Leazeel

8 Ciclo de Carnot

Una máquina térmica que opera siguiendo el ciclo de Carnot se considera ideal por tener el mayor rendimiento entre las máquinas térmicas. Este ciclo idealizado por Carnot consiste en dos transformaciones adiabáticas alternadas con dos transformaciones isotérmicas. Su representación gráfica:



A → B: expansión isotérmica → el sistema transforma el calor recibido de la fuente caliente en trabajo.

B → C: expansión adiabática → el sistema, al realizar trabajo, experimenta un descenso de temperatura T_1 a T_2.

C → D: compresión isotérmica → el trabajo realizado sobre el sistema se convierte en calor que se transmite a la fuente fría.

D → A: compresión adiabática → el trabajo realizado sobre el sistema produce un aumento de temperatura de T_2 a T_1.

En particular para el ciclo de Carnot fue demostrado que el rendimiento máximo depende exclusivamente de las temperaturas absolutas de las fuentes caliente y fría.

$$\eta_{máx} = 1 - \frac{\text{temperatura absoluta de la fuente fría}}{\text{temperatura absoluta de la fuente caliente}}$$

$$\eta_{máx} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Como las cantidades de calor intercambiadas con las fuentes son proporcionales a las respectivas temperaturas absolutas, se tiene:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Problema de Aplicación

Una máquina térmica de Carnot recibe de una fuente caliente 1 000cal por ciclo. Siendo las temperaturas de las fuentes caliente y fría 127°C y 427°C, respectivamente, determine:

a) el rendimiento de la máquina;

b) el trabajo, en joules, realizado por la máquina en cada ciclo;

c) la cantidad de calor, en joules, rechazada a la fuente fría.

Utilice 1cal = 4,2J.

Subido por Leazeel

Solución:

a) Datos: $\begin{cases} T_1 = 427 + 273 = 700K \\ T_2 = 127 + 273 = 400K \\ Q_1 = 1\,000cal = 1\,000 \cdot 4,2 = 4\,200J \end{cases}$

El rendimiento de la máquina está dado por:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{400}{700} \Rightarrow \eta = 0,43 \text{ ó } \eta = 43\%$$

b) El trabajo realizado en cada ciclo:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \Rightarrow 0,43 = \frac{\tau}{4\,200} \Rightarrow \tau = 1\,806J$$

c) La cantidad de calor rechazada hacia la fuente fría está dada por:

$$\tau = Q_1 - Q_2 \Rightarrow 1\,806 = 4\,200 - Q_2 \Rightarrow Q_2 = 2\,394J$$

Respuesta: a) 43% b) 1 806J c) 2 394J

PROBLEMAS PROPUESTOS

575 Una máquina térmica funciona realizando el ciclo de Carnot entre las temperaturas 800K y 400K. En cada ciclo la máquina recibe 1 000J de calor de la fuente caliente.

a) ¿Cuál es el calor rechazado en cada ciclo?

b) ¿Cuál es el trabajo realizado por la máquina en cada ciclo?

c) Calcule el rendimiento de la máquina.

576 ¿Cuál es el rendimiento de una máquina térmica que retira de una fuente caliente 200cal y pasa a una fuente fría 50cal?

577 Una máquina térmica recibe 1 000cal de una fuente caliente y pierde 800cal hacia una fuente fría en 2s. Sabiendo que 1cal = 4,18J, determine la potencia útil de la máquina.

578 Cierta máquina térmica cíclica y reversible trabaja entre −73°C y 27°C. Determine su rendimiento.

579 El rendimiento de cierta máquina térmica de Carnot es de 25% y la fuente fría es la propia atmósfera a 27°C. Determine la temperatura de la fuente caliente.

580 Una máquina de Carnot, cuya fuente fría está a 7°C, tiene un rendimiento de 40%. Determine en cuántos grados se necesita elevar la temperatura de la fuente caliente para que el rendimiento pase a ser 50%.

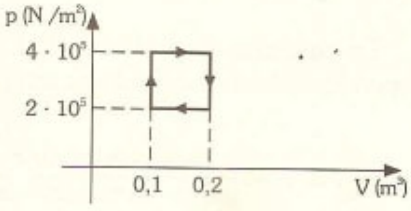
581 Una máquina térmica ejecuta 5 ciclos por segundo. En cada ciclo retira 800J de la fuente caliente y cede 400J a la fuente fría. Sabiendo que la máquina opera con la fuente fría de 27°C:

a) ¿cuál es la temperatura de la fuente caliente?

b) ¿cuál es la potencia de la máquina?

582 El compresor de un refrigerador retira, en un segundo, $1,1 \cdot 10^6$cal del congelador (fuente fría) enviando a la cocina (fuente caliente) $1,2 \cdot 10^6$cal. Determine la potencia del compresor. Adopte 1cal = 4,2J.

583 Calcule el rendimiento de una máquina térmica que sigue el ciclo descrito por el diagrama.



Sabiendo que ella absorbe $8 \cdot 10^4$J de energía térmica por ciclo, calcule el rendimiento de esa máquina.

584 Un inventor afirmó haber construido una máquina térmica cuyo desempeño alcanza 90% del de una máquina de Carnot. Su máquina, que trabaja entre las temperaturas de 27°C y 327°C, recibe durante cierto período $1,2 \cdot 10^4$cal y suministra, simultáneamente, un trabajo útil de $1 \cdot 10^4$J.

a) ¿La afirmación del inventor es verdadera? Justifique. Siendo: 1cal = 4,186J.

b) Si el trabajo útil de la máquina térmica se ejerciera sobre el émbolo móvil de una ampolla conteniendo un gas ideal a la presión de 200N/m², ¿cuál sería la variación de volumen experimentada por el gas, en caso de que la transformación sea isobárica?

Subido por Leazeel

Tests

UNIDAD VI — Termometría

147 En una escala termométrica arbitraria A, se atribuye 0° A a la temperatura de fusión del hielo y 120° A a la temperatura de ebullición del agua. Cuando la temperatura es de 20°C, en la escala A es:

a) 10°A c) 24°A e) 60°A
b) 20°A d) 48°A

148 Un termómetro de gas de volumen constante indica una presión de:

- 60cmHg en la mezcla agua-hielo en equilibrio térmico;
- 82cmHg en el vapor del agua en ebullición (bajo presión normal);
- 104cmHg en aceite caliente.

¿Cuál es la temperatura del aceite en la escala Celsius?

a) 22°C b) 44°C c) 164°C d) 186°C e) 200°C

149 En un programa de televisión, el locutor afirmó cierta noche: "La temperatura máxima en una ciudad X alcanzó 30°C". Tal temperatura corresponde a:

a) 90°F b) 84°F c) 86°F d) 92°F

150 Una temperatura en la escala Fahrenheit se expresa por un número que es el triple del correspondiente en la escala Celsius. Esa temperatura es:

a) 26,7°F b) 53,3°F c) 80,0°F d) 90,0°F e) n.d.a.

151 Se dispone de un termómetro calibrado en una escala arbitraria que adopta −10°X para la temperatura 10°C y 70°X para la temperatura 110°C. Con este termómetro se midió la temperatura de una ciudad que registra en el momento, 77°F. Esta medida fue de:

a) 2°X b) 12°X c) 18°X d) 22°X e) 25°X

152 Se sumergen dos termómetros en agua: uno graduado en la escala Celsius y el otro en la escala Fahrenheit. Se espera el equilibrio térmico y se nota que la diferencia entre las lecturas en los dos termómetros es igual a 92. La temperatura del agua valdrá por lo tanto:

a) 28°C; 120°F b) 32°C; 124°F c) 60°C; 152°F d) 75°C; 167°F e) n.d.a.

UNIDAD VII — Dilatación térmica

153 Un hilo metálico tiene 100m de longitud y coeficiente de dilatación lineal igual a $17 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$. La variación de longitud de ese hilo, cuando la temperatura varía 10°C, es de:

a) 17mm b) 1,7m c) 17m d) $17 \cdot 10^{-3}$mm e) $17 \cdot 10^{-6}$m

154 Un riel de hierro experimenta un aumento de longitud de 1,2cm cuando su temperatura se eleva de 10°C a 30°C. Sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal del hierro es $12 \cdot 10^{-6}°C^{-1}$, se puede afirmar que la longitud de ese riel a 10°C, en metros, es de:

a) 20 b) 30 c) 40 d) 50 e) 60

155 Una vía férrea de 600km de longitud tiene su temperatura variando de −15°C, en el invierno, hasta 35°C, en el verano. La variación de longitud que los rieles experimentan en su extensión es del orden de (coeficiente de dilatación lineal del material de que está hecho el riel $\alpha = 10^{-5}°C^{-1}$):

a) 0,12m b) 30m c) 120m d) 300m e) 3 000m

Subido por Leazeel

156 El coeficiente de dilatación térmica lineal del acero es $1,2 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$. Utilizando rieles de acero de 8m de longitud, un ingeniero construye una vía férrea dejando un espacio de 0,50cm entre los rieles, cuando la temperatura es de 28°C. En un día de sol fuerte los rieles se sueltan de los durmientes. ¿Cuál de los valores siguientes corresponde a la mínima temperatura que debió ser alcanzada por los rieles?

a) 100°C b) 60°C c) 80°C d) 50°C e) 90°C

157 Una placa metálica tiene un orificio circular de 50mm de diámetro a 15°C. ¿A qué temperatura se debe calentar la placa para que se pueda ajustar en el orificio un cilindro de 50,3mm de diámetro? El coeficiente de dilatación lineal del metal es $1,19 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$.

a) $\theta = 520K$ b) $\theta = 300°C$ c) $\theta = 300K$ d) $\theta = 520°C$ e) $\theta = 200°C$

158 Una chapa plana de una aleación metálica de coeficiente de dilatación lineal igual a $2 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$ tiene un área A_0 a la temperatura de 20°C. Para que el área de esa placa aumente 1%, se debe elevar su temperatura a:

a) 520°C b) 470°C c) 320°C d) 270°C e) 170°C

159 Las tapas metálicas de los recipientes de vidrio son más fácilmente sacadas cuando el conjunto está sumergido en agua caliente. Tal fenómeno ocurre porque:

a) el agua caliente lubrica las superficies en contacto, reduciendo el rozamiento entre ellas.
b) el agua caliente ablanda el vidrio, permitiendo que la tapa se suelte.
c) el agua caliente ablanda el metal, permitiendo que la tapa se suelte.
d) el metal se dilata más que el vidrio, cuando ambos se hallan expuestos a la misma variación de temperatura.
e) el vidrio se dilata más que el metal, cuando ambos se hallan expuestos a la misma variación de temperatura.

160 Se supone un recipiente de 1 litro de capacidad lleno de un líquido que tiene el coeficiente de dilatación volumétrica dos veces mayor que el coeficiente del material del recipiente. ¿Cuál es la cantidad de líquido que se derrama cuando el conjunto sufre una variación de temperatura de 30°C? Siendo el coeficiente de dilatación volumétrica del líquido = $2 \cdot 10^{-5}°C^{-1}$.

a) $0,01cm^3$ b) $0,09cm^3$ c) $0,30cm^3$ d) $0,60cm^3$ e) $1,00cm^3$

UNIDAD VIII — Calorimetría

161 Cuando dos cuerpos se ponen en contacto hay transferencia de calor entre ellos hasta que alcanzan el equilibrio térmico. Esto ocurre cuando ellos:

a) están a temperaturas diferentes.
b) tienen calor específico diferente.
c) tienen la misma capacidad térmica.
d) tienen la misma masa.
e) están a la misma temperatura.

162 Un cuerpo tiene una capacidad térmica igual a 18cal/°C y el calor específico del material que lo compone es igual a 0,12cal/g · °C. La masa de ese cuerpo vale:

a) 150g b) 180g c) 220g d) 280g e) 330g

163 El calor específico de una determinada sustancia es igual a 0,5cal/g · °C. Para que la temperatura de una muestra de 10g de esa sustancia varíe en 10°C, es necesario que la muestra absorba como mínimo:

a) 0,50cal b) 1,0cal c) 5,0cal d) 25cal e) 50cal

164 Un cuerpo de 500g liberó 2 500cal cuando su temperatura varió de 80°C a 30°C. La capacidad térmica de ese cuerpo es:

a) 5cal/°C b) 25cal/°C c) 50cal/°C d) 80cal/°C e) 250cal/°C

Subido por Leazeel

165 En el interior de un calorímetro adiabático que contiene 500g de agua a 20°C, se colocan 100g de plomo a 200°C. El calor específico del agua es 1cal/g · °C y del plomo, 0,031cal/g · °C. La temperatura final de equilibrio es aproximadamente:

a) 31°C b) 28,4°C c) 25,3°C d) 23,5°C e) 21,1°C

166 En un calorímetro se colocan 80g de agua a 50°C, 20g de agua a 30°C y un pedazo de cobre, a la temperatura de 100°C. El calor específico del agua es constante e igual a 1cal/g · °C. El pedazo de cobre tiene una capacidad térmica de 2cal/°C. Despreciando al intercambio de calor tanto entre el calorímetro y el exterior como entre el calorímetro y la mezcla, ¿cuál será, aproximadamente, el valor de la temperatura de la mezcla, en grados Celsius, cuando ésta estuviere en equilibrio térmico?

a) 46,0 b) 47,1 c) 60,0 d) 70,0 e) 80,0

167 Un termo contiene 0,5ℓ de café a una temperatura de 80°C. El café frío de un vaso con un volumen de 0,25ℓ, a 20°C, es descargado en el interior del termo. Si la capacidad calorífica del termo es despreciable, ¿cuál será la temperatura del café después de la mezcla?

a) 25°C b) 30°C c) 40°C d) 50°C e) 60°C

168 En una casa de playa, se desea calentar 1 litro de agua en un recipiente térmicamente aislado, por medio de un calentador eléctrico de 420W. El agua fue introducida en el recipiente a 10°C. Sabiendo que el calor específico del agua es igual a $4,2 \cdot 10^3$J/kg°C, el tiempo necesario para que el agua comience a hervir será aproximadamente de:

a) 5 minutos. b) 10 minutos. c) 15 minutos. d) 42 minutos. e) 1 hora.

169 Un bloque de hielo, inicialmente a −10°C, tiene una masa de 500g. ¿Cuál es la cantidad de calor necesaria para transformarlo en igual cantidad de agua, a 20°C?
Siendo $C_{hielo} = 0,5$cal/g°C, $C_{agua} = 1$cal/g°C, $L_F = 80$cal/g.

a) 0,05kcal b) 0,52kcal c) 5,25kcal d) 525kcal e) 52,5kcal

170 La cantidad de calor necesaria para transformar, a presión normal, 50g de agua a 20°C en vapor de agua a 140°C es:
Siendo: {calor específico del agua = 1cal/g · °C; calor latente de vaporización = 540cal/g; calor específico del vapor = 0,5cal/g · °C.

a) 32 000cal b) 27 000cal c) 1 000cal d) 4 000cal e) 64 000cal

171 Un litro de agua a 25°C es colocado en un congelador, obteniéndose, después de un determinado tiempo, hielo a −10°C. Considere $L_s = 80$cal/g, $C_{(H_2O)} = 1$cal/g · °C y $C_{(hielo)} = 0,50$cal/g · °C. La cantidad de calor extraída del agua es igual a:

a) $1,50 \cdot 10^4$cal b) $2,50 \cdot 10^4$cal c) $3,50 \cdot 10^4$cal d) $1,05 \cdot 10^5$cal e) $1,10 \cdot 10^5$cal

172 100g de hielo a 0°C absorben calor a razón de 800 calorías por segundo. ¿Cuál es el tiempo mínimo necesario para fundir todo el hielo? Siendo $L_F = 80$cal/g.

a) media hora b) 10 segundos c) una hora d) 100 segundos e) 10 minutos

173 Un revólver dispara una bala de plomo de 10g de masa y 250m/s de velocidad contra un bloque de madera cuya masa, comparada con la de la bala, es prácticamente infinita. Suponga que toda la energía cinética de la bala fue transformada en energía calorífica y que esta energía fue utilizada exclusivamente para calentar la bala. En estas condiciones se puede concluir que la variación de temperatura experimentada por el proyectil fue, en °C, aproximadamente:
Siendo: $C_{Pb} = 0,031$cal/g · °C, 1cal = 4,18J.

a) 251 b) 231 c) 221 d) 261 e) 241

Subido por Leazeel

174 Un pedazo de hielo de 50g a 0°C es expuesto al sol y se derrite completamente en 5 minutos. Se puede afirmar que la cantidad de calorías por minuto que él absorbe es:

Siendo: calor latente de fusión del hielo = 80cal/g.

a) 200 b) 400 c) 600 d) 800 e) 1 000

175 Considere tres fenómenos simples:

I) circulación de aire en el refrigerador;

II) calentamiento de una barra de hierro;

III) variación de la temperatura del cuerpo humano en baño de sol.

Asocie, en este mismo orden, el principal tipo de transferencia de calor que ocurre en estos fenómenos:

a) convección, conducción, radiación
b) convección, radiación, conducción
c) conducción, convección, radiación
d) radiación, convección, conducción
e) conducción, radiación, convección

176 Una persona que se encuentra cerca de una hoguera recibe calor principalmente por:

a) convección de dióxido de carbono
b) convección de monóxido de carbono
c) convección del aire
d) conducción
e) radiación

177 En el interior de un refrigerador, la temperatura es aproximadamente la misma en todos los puntos gracias a la circulación del aire. El proceso de transferencia de energía causado por esa circulación de aire se denomina:

a) radiación b) convección c) conducción d) compresión e) reflexión

178 Un bañista al salir del agua siente más:

a) frío, porque fuera del agua la temperatura es más baja.

b) calor, porque la evaporación cede calor a su cuerpo.

c) calor, porque la evaporación es un proceso endotérmico.

d) frío, porque la evaporación es un proceso endotérmico.

UNIDAD IX — Gases

179 Considere las afirmaciones siguientes:

I) En una transformación isobárica la presión no varía.

II) En una transformación adiabática el volumen no varía.

III) En una transformación isocórica la temperatura no varía.

En relación a las tres afirmaciones de arriba, se puede decir que:

a) sólo I es verdadera.
b) sólo II es verdadera.
c) sólo III es verdadera.
d) I y II son verdaderas.
e) todas son falsas.

180 Una muestra de gas está almacenada en un recipiente cerrado y rígido. La presión de la muestra es 5atm a una temperatura de 0°C. ¿Cuál será, aproximadamente, la presión de la muestra cuando su temperatura llega a 137°C?

a) 5,0atm b) 7,5atm c) 100atm d) 352atm e) 685atm

181 Un gas perfecto, a una presión de 10atm, ocupa un volumen de 4 litros. Él sufre una transformación isotérmica y su volumen alcanza 10 litros. La nueva presión ejercida por el gas es:

a) 4atm b) 25atm c) 100atm d) 10atm e) 250atm

Subido por Leazeel

182 Un gas en CNPT se encuentra en un recipiente cerrado por un tapón. El tapón soporta una presión interna hasta 2 atmósferas antes de saltar. El valor máximo de temperatura que el gas puede alcanzar antes que el tapón salte es:

a) 273°C b) 546°C c) 273K d) 136,5K e) 136,5°C

183 La temperatura de una cantidad de gas ideal a la presión de 1atm disminuye de 400K a 320K. Si el volumen permanece constante, la nueva presión es:

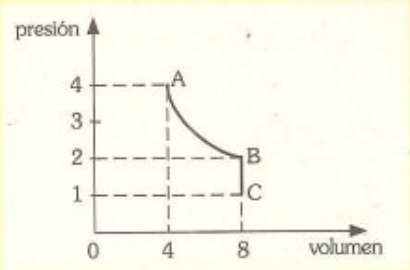
a) 0,8atm b) 0,9atm c) 1,0atm d) 1,2atm e) 1,5atm

184 Un recipiente de volumen constante contiene un gas perfecto a la temperatura de 327°C. Si la temperatura pasa a ser −73°C, el cociente entre las presiones inicial y final tiene un valor de:

a) 3 b) 2 c) $\frac{1}{3}$ d) $\frac{1}{2}$ e) 1

185 Una determinada masa gaseosa sufre transformaciones de acuerdo con el gráfico. Si la temperatura en A es de 1 000K, las temperaturas en B y C tienen un valor en K de:

a) 500 y 250
b) 750 y 500
c) 750 y 250
d) 1 000 y 750
e) 1 000 y 500



186 Una determinada masa de un gas perfecto sufre una transformación, de manera que su presión aumenta en 50% y su volumen se reduce a la mitad. La razón $\frac{T_2}{T_1}$, entre las temperaturas absolutas final e inicial, es:

a) $\frac{4}{3}$ b) $\frac{3}{4}$ c) 1 d) 2

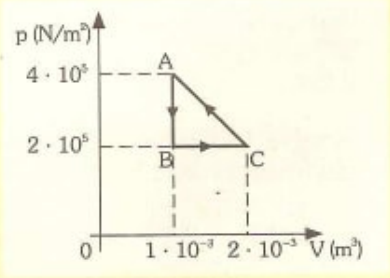
UNIDAD X — Termodinámica

187 Un gas está encerrado en un cilindro provisto de un pistón. Se lo calienta, pero su volumen no se altera. Es posible afirmar que:

a) la energía interna del gas no varía.
b) el trabajo realizado en la transformación es nulo.
c) el pistón sube durante el calentamiento.
d) la fuerza que el gas ejerce sobre el pistón permanece constante.
e) la energía cinética media de las partículas del gas disminuye.

188 La figura de al lado representa una transformación cíclica de un gas ideal. El módulo del trabajo realizado en los trechos AB, BC y CA, en joules, es respectivamente:

a) 200, 100, 0
b) 100, 100, 100
c) 0, 300, 100
d) 0, 200, 300
e) 100, 200, 300



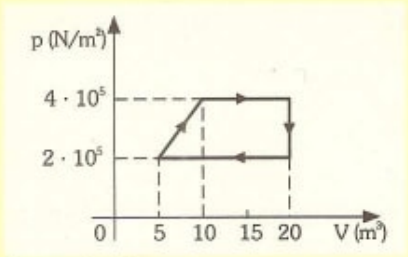
189 Un sistema termodinámico realiza un trabajo de 40kcal cuando recibe 30kcal de calor. En ese proceso, la variación de energía interna de ese sistema es de:

a) −10kcal b) cero c) 10kcal d) 20kcal e) 35kcal

Subido por Leazeel

190 En la transformación cíclica de un gas perfecto, que se ilustra en la figura, el trabajo realizado en un ciclo, en joules, es:

a) $2 \cdot 10^5$ d) $20 \cdot 10^5$
b) $6 \cdot 10^5$ e) $25 \cdot 10^5$
c) $15 \cdot 10^5$



191 En las transformaciones isotérmicas de los gases perfectos, es incorrecto afirmar que:

a) no hay variación de temperatura.
b) la variación de energía interna del gas es nula.
c) no se produce intercambio de calor entre el gas y el medio ambiente.
d) el calor intercambiado por el gas con el exterior es igual al trabajo realizado en el mismo proceso.

192 En una compresión adiabática de un gas:

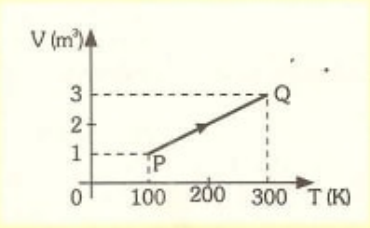
a) la presión aumenta y la temperatura disminuye.
b) la presión disminuye y la temperatura no se altera.
c) la presión permanece constante y la temperatura aumenta.
d) la presión y la temperatura aumentan.
e) la presión y la temperatura permanecen constantes.

193 Un sistema recibe 300cal de una fuente térmica, al mismo tiempo que realiza un trabajo de 854J. Considerando que 1cal = 4,18J, se puede afirmar que la energía interna del sistema aumenta a:

a) 300J b) 400J c) 554J d) 1 154J e) 1 254J

194 Una muestra de un gas perfecto sufre una transformación isobárica bajo una presión de $60 N/m^2$, como ilustra el diagrama. Admita que, en la transformación, el gas recibe una cantidad de calor igual a 300J. Se puede afirmar que la variación de la energía interna del gas es de:

a) 180J d) 300J
b) 100J e) 420J
c) 120J



195 Un gas perfecto realiza un ciclo de Carnot. La temperatura de la fuente fría es de 127°C y la de la fuente caliente es 427°C. El rendimiento del ciclo es:

a) 3,4% b) 70% c) 43% d) 57% e) 7%

196 Una máquina térmica recibe de una fuente caliente 100cal y transfiere a una fuente fría 70cal. El rendimiento de la máquina es:

a) 15% b) 20% c) 30% d) 40% e) 50%

197 Un ciclo de Carnot opera entre las temperaturas de 500K (fuente caliente) y 300K (fuente fría). La máquina (ideal) recibe por ciclo $1,5 \cdot 10^3 J$ de la fuente caliente ¿Cuál es la cantidad de energía que la máquina devuelve a la fuente fría, por ciclo?

a) $1,0 \cdot 10^2 J$ b) $1,5 \cdot 10^2 J$ c) $3,0 \cdot 10^2 J$ d) $5,0 \cdot 10^2 J$ e) $9,0 \cdot 10^2 J$

198 Una máquina térmica de Carnot tiene un rendimiento de 40% y la temperatura de la fuente fría es de 27°C. La temperatura de la fuente caliente es:

a) 227°C b) 45°C c) 500°C d) 750°C e) 477°C

Subido por Leazeel

RENÉ DESCARTES
(1596-1650)

Filósofo y matemático francés, a quien se debe la creación de la Geometría Analítica y el descubrimiento de los principios de la Óptica Geométrica. En Óptica, su influencia fue muy acentuada.

En 1637 publicó su *Dióptrica* en la cual explicó la teoría corpuscular de la luz atribuyendo a la luz velocidad infinita y propagación a través del éter.

Explicó la reflexión y la refracción de la luz, formulando la ley que Snell había enunciado en un manuscrito inédito (ley de Snell-Descartes).

CARL FRIEDRICH GAUSS
(1777-1855)

Astrónomo, matemático y físico alemán, se volvió célebre por sus trabajos sobre el magnetismo, electromagnetismo y óptica.

Parte C

ÓPTICA GEOMÉTRICA

RENÉ DESCARTES

CARL FRIEDRICH GAUSS

Subido por Leazeel

Unidad XI
Principios Fundamentales

1 Teoría, sus creadores, su práctica

En el principio Dios creó el cielo y la Tierra...

Y Dios dijo: Hágase la luz. Y la luz se hizo...

¿Qué es la luz?

Muchos sabios de todas las épocas trataron de responder a esta pregunta.

Los griegos tenían la idea de que la luz emanaba de los objetos y, al alcanzar el ojo del observador, le permitía verlos.

Pero fue Isaac Newton (1643-1727) quien formuló la primera hipótesis sobre la naturaleza de la luz. Su hipótesis se basaba en el hecho de que la luz estaba constituida por corpúsculos que salían del cuerpo luminoso y que, al alcanzar el ojo, permitían ver los objetos. Con esa teoría corpuscular, Newton explicaba los fenómenos luminosos de reflexión y refracción.

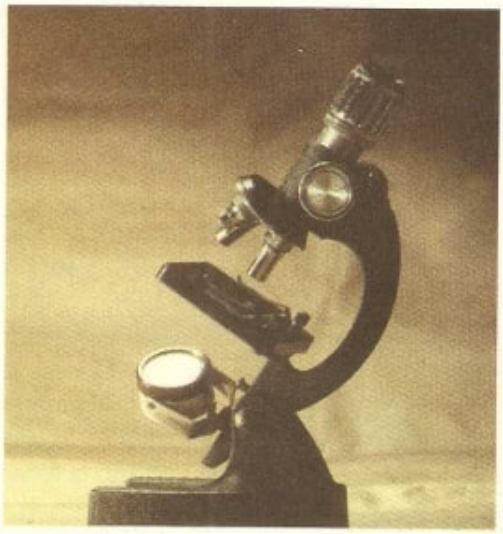
En esa misma época, vivió Christian Huygens (1629-1695), que presentó la hipótesis de que la luz era un fenómeno ondulatorio. Esa hipótesis tardó muchos años en ser aceptada debido al prestigio de que Newton gozaba ante la comunidad científica de la época. Cupo a Fizeau (1819-1896) y a Foucault (1819-1868) mostrar la validez de la teoría de Huygens, considerada verdad definitiva hasta el final del siglo XIX. Pero, en 1887, Hertz (1857-1894) descubrió el efecto fotoeléctrico, es decir, que un cuerpo cargado eléctricamente, al ser iluminado desprende cargas eléctricas negativas. Ese fenómeno sólo se explica si se considera que la luz tiene naturaleza corpuscular, lo cual fue explicado por Albert Einstein en 1905. Es con esa duplicidad de comportamiento de la luz que la Física convive hoy.

Los principios y las leyes de la Óptica Geométrica formulados por Descartes (1596-1650) permiten comprender la formación de imágenes en espejos planos, esféricos y en lentes, y el funcionamiento de la lupa, de la luneta, de la máquina fotográfica, del microscopio, etc.

Con el estudio de las reflexiones luminosas se podrá comprender la fibra óptica, que revolucionó las telecomunicaciones y las técnicas de microcirugía con rayos láser.

Subido por Leazeel

Nelson Toledo/FTD



Nelson Toledo/FTD

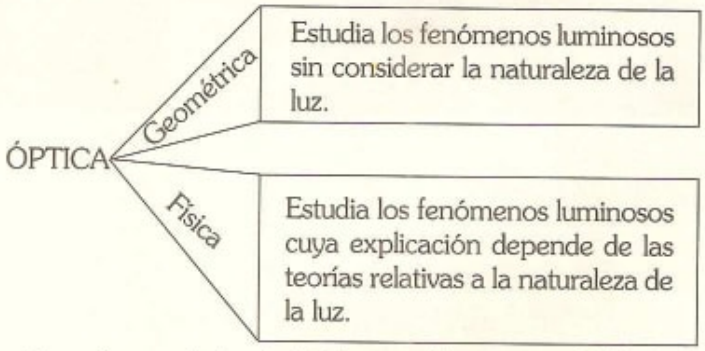
Cuando se estudie la refracción luminosa, se podrá comprender el "efecto invernadero", que tanto preocupa al mundo actualmente y también los colores del arco iris.

Como se ve, las leyes y los principios de la Óptica Geométrica conducen a adquirir nuevos conocimientos.

2 La división de la Óptica

La Óptica tiene por objetivo el estudio de las propiedades de la luz, es decir, de como ella es producida, propagada, detectada y medida.

Con fines de estudio, la Óptica se divide en dos ramas: Óptica Geométrica y Óptica Física.



La Óptica Geométrica excluye el conocimiento de la naturaleza íntima de la luz, basándose en la propagación rectilínea y en las leyes de la reflexión y de la refracción. Esta rama estudia los fenómenos ópticos basados en la concepción de rayos luminosos con sus aplicaciones en lentes, espejos, lunetas, telescopios, proyectores, prismas, etc.

La Óptica Física estudia precisamente los fenómenos ópticos en que la naturaleza de la luz tiene papel predominante, como la polarización, la difracción, la interferencia, los espectros, etc.

Subido por Leazeel

3 Conceptos

Se denomina *luz* al agente físico responsable de las sensaciones visuales.

Todos los cuerpos visibles son fuentes de luz y pueden clasificarse en fuente de luz propia o secundaria.

a) Fuente de luz propia o cuerpo luminoso

Son los cuerpos que emiten luz propia.

Ejemplos: el Sol, las estrellas, la llama de una vela, etc.

Algunas de esas fuentes primarias de luz son permanentes, como el Sol, mientras que otras son temporarias, como la llama de una vela.

Si en el fenómeno en estudio las dimensiones de la fuente son despreciables, ella será llamada *fuente puntual*; en caso contrario, será denominada *fuente extensa*.

b) Fuente de luz secundaria o cuerpo iluminado

Son los cuerpos que reflejan la luz que reciben de otros cuerpos.

Ejemplo: la Luna.

Manoel Novaes/FTD

Nelson Toledo/FTD

Es posible también clasificar los cuerpos, de acuerdo con el comportamiento de la luz que incide sobre ellos, de la siguiente forma:

- Cuerpos opacos

  Son cuerpos que impiden el paso de la luz.

  Ejemplos: una puerta de madera, la goma, etc.

- Cuerpos transparentes

  Son cuerpos que se dejan atravesar totalmente por la luz.

  Ejemplos: la ventana de vidrio, el agua en pequeña profundidad, etc.

- Cuerpos translúcidos

  Son cuerpos que se dejan atravesar parcialmente por la luz.

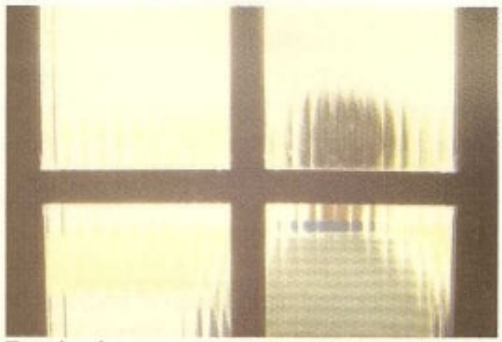
  Ejemplos: el vidrio esmerilado, el papel vegetal, etc.

Subido por Leazeel

Los cuerpos transparentes permiten la visualización nítida de un objeto a través de ellos; los translúcidos hacen que los objetos vistos a través de ellos no puedan ser identificados.

Nelson Toledo/FTD

Transparente


Nelson Toledo/FTD

Translúcido

Nelson Toledo/FTD

Opaco

4 Velocidad de la luz

La velocidad de la luz en el aire y en el vacío asume los siguientes valores:

$$v_{vacío} = (299\,793{,}0 \pm 0{,}3)\text{km/s}$$
$$v_{aire} = 299\,700\text{km/s}$$

Se observa que la velocidad de la luz en el vacío es mayor que la velocidad de la luz en el aire.

A los efectos prácticos se puede admitir:

$$v_{vacío} = v_{aire} = 300\,000\text{km/s} = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$$

La luz se propaga en el espacio interestelar y también en el vacío, es decir, para la propagación de la luz no hay necesidad de materia.

La velocidad de la luz en un medio material depende del tipo de luz que se propaga.

La velocidad de propagación en un medio material es diferente para cada tipo de luz.

Subido por Leazeel

En orden decreciente de velocidad, se tiene:

La velocidad de la luz en el vacío es una de las constantes de mayor importancia en la Física y no puede ser superada por ningún otro movimiento existente en la naturaleza.

Problema de Aplicación

Sabiéndose que 1 año luz es la distancia que la luz recorre en el vacío en un año, calcule, en kilómetros, la distancia recorrida por la luz en 2,5 años. Se supone 1 año = 365 días.

Solución:

Se sabe que:

1 año = 365 días = 365 · 24h = 365 · 24 · 60min = 365 · 24 · 60 · 60s

1 año = 31 536 000s

2,5 años = 31 536 000 · 2,5 = 78 840 000s

Haciendo una regla de tres, se tiene:

tiempo(s)		distancia (km)	
1	----------	300 000	$\Rightarrow x = 2{,}3652 \cdot 10^{13}$km
78 840 000	----------	x	

Respuesta: $2{,}3652 \cdot 10^{13}$km

PROBLEMAS PROPUESTOS

585 Una nave espacial, a una distancia de $1\,404 \cdot 10^6$km de la Tierra, envía fotos del planeta Saturno mediante señales que se propagan con la velocidad de la luz en el vacío ($3 \cdot 10^5$km/s). Calcule el tiempo, en horas, que una señal emplea para alcanzar la Tierra.

586 Halle, en metros, la distancia correspondiente a 5 años luz. La velocidad de la luz en el vacío es igual a 300 000km/s.

587 Recientemente fue anunciado el descubrimiento de un sistema planetario, semejante al del planeta Tierra, en torno a la estrella Vega, que está situada a 26 años luz de la Tierra. Determine, en kilómetros, la distancia de Vega hasta la Tierra.

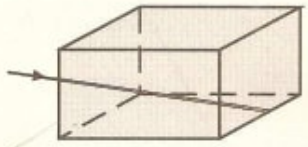
Subido por Leazeel

5 Principios de la Óptica Geométrica

1º) Principio de la propagación rectilínea de la luz

> En un medio homogéneo y transparente, la luz se propaga en línea recta.

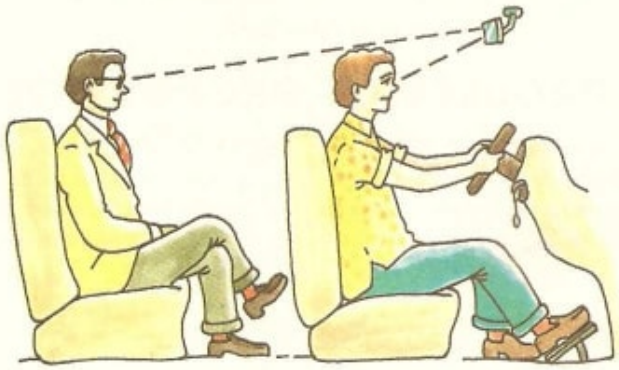
La figura muestra un rayo de luz solar penetrando en un cuarto oscuro a través de un orificio muy pequeño, siguiendo una trayectoria rectilínea.



2º) Principio de la reversibilidad de los rayos de luz

> El camino seguido por la luz no depende del sentido de propagación.

Si el conductor indicado en la figura ve el pasajero a través del espejo retrovisor, éste también ve el conductor.



3º) Principio de la independencia de los rayos de luz

> Un rayo de luz, al cruzarse con otro, no interfiere en su propagación.

La figura de al lado muestra un haz de luz cruzándose con otro y siguiendo su camino como si el otro no existiese.

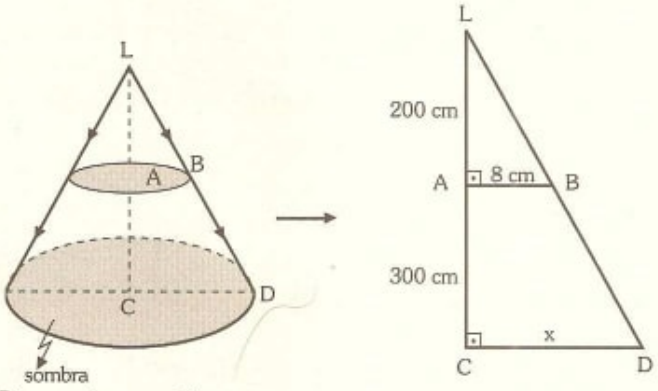
Thales Trigo/FTD

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Una lámpara cuyas dimensiones son despreciables está localizada en el techo de una sala de 5m de altura. Un cuerpo opaco de forma circular, de 8cm de radio, está colocado a 2m del techo y paralelamente a él. El centro del cuerpo y la lámpara están en la misma vertical. Determine el área de la sombra proyectada en el suelo de la sala.

Solución:



Por semejanza, se tiene:

$$\frac{x}{8} = \frac{500}{200} \Rightarrow x = 20\text{cm}$$

El área de la sombra proyectada es:

$S = \pi x^2 \Rightarrow S = \pi \cdot 20^2 \Rightarrow S = 400\pi \text{ cm}^2$

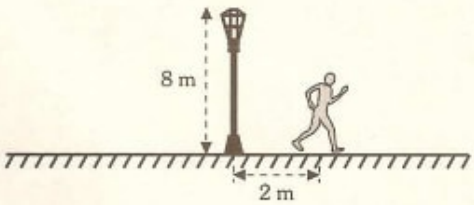
Respuesta: 400π cm²

PROBLEMAS PROPUESTOS

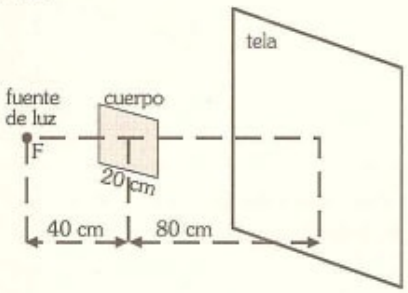
588 Un poste de la red eléctrica proyecta en el suelo horizontal una sombra de 9m de longitud. En este instante los rayos solares llegan al suelo, formando con él un ángulo de 30°. Calcule la altura del poste.

589 En un mismo instante, la sombra proyectada de una persona es de 5m y la de un edificio es de 80m. Sabiendo que la altura de la persona es 1,80m, calcule la altura del edificio.

590 Determine la longitud de la sombra de la persona de 1,60m de altura, situada al lado del poste de luz indicado en la figura.



591 Entre una fuente puntual y una tela se coloca un cuerpo opaco de forma cuadrangular cuyo lado mide 20cm, paralelamente a la tela, conforme a la figura. Calcule el área de la sombra proyectada en la tela.



592 Una fuente de luz puntiforme proyecta sobre una pared la sombra de un disco de 20mm de diámetro. La luz incide perpendicularmente sobre el disco y sobre la pared. La distancia entre la pared y el disco es tres veces mayor que entre la fuente de luz y el disco. Calcule el área de la sombra proyectada.

Subido por Leazeel

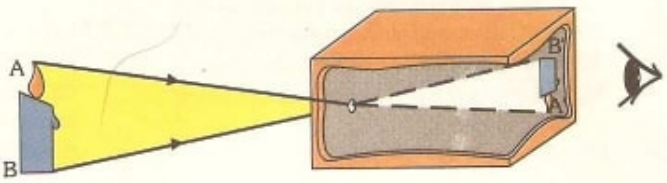
6 Cámara oscura

Colocando un cuerpo luminoso AB delante de un orificio O de una de las caras de una caja de paredes opacas, se verifica que sobre la cara opuesta a la del orificio se forma la imagen A'B' invertida del cuerpo luminoso.

Este dispositivo se llama cámara oscura de orificio y demuestra que la trayectoria de la luz es rectilínea.

Para observar la imagen con facilidad, se sustituye la cara opuesta a la del orificio por una hoja de papel vegetal sobre la cual se forma la imagen.

El fenómeno descrito es la base del funcionamiento de las cámaras fotográficas.



Problema de Aplicación

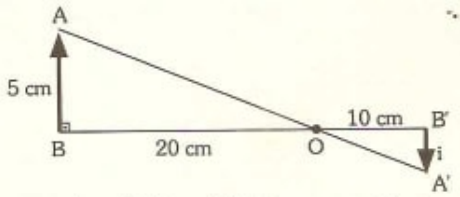
Un objeto luminoso AB, de 5cm de altura, está a 20cm de distancia de una cámara oscura de 10cm de profundidad.

a) Calcule la altura de la imagen formada.

b) ¿Cuánto aumenta la imagen cuando el objeto se aproxima 4cm a la cámara?

Solución:

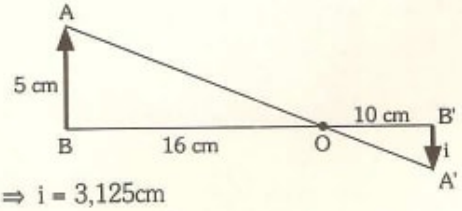
a)



Como los triángulos ABO y A'B'O son semejantes, se tiene:

$$\frac{5}{20} = \frac{i}{10} \Rightarrow i = 2{,}5\text{cm}$$

b)



$$\frac{5}{16} = \frac{i}{10} \Rightarrow i = 3{,}125\text{cm}$$

Luego, el aumento de la imagen es de:

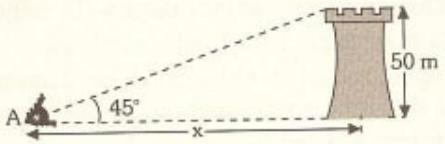
$3{,}125 - 2{,}5 = 0{,}625\text{cm}$

Respuesta: a) 2,5cm b) 0,625cm

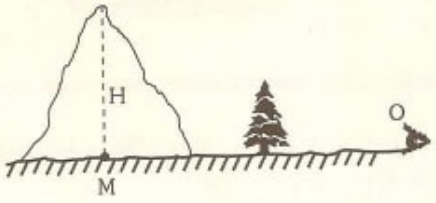
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

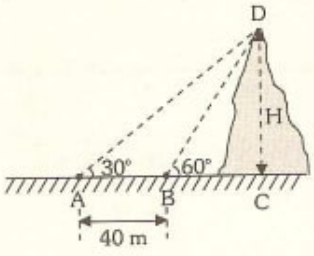
593 Desde el punto A indicado en la figura, un observador ve una torre de 50m de altura bajo un ángulo de 45°. Calcule el valor de x.



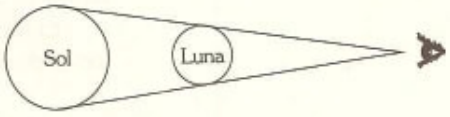
594 En la figura están representados un cerro, un árbol y un observador (O). La altura del árbol es de 50m y la distancia entre ella y el observador, de 300m. La distancia entre el observador y el punto M es de 800m. ¿Cuál es, aproximadamente, la altura (H) del cerro si, del punto de vista del observador, el tope del árbol y el tope del cerro están alineados?



595 Un agrimensor ve un cerro bajo un ángulo visual de 30°. Aproximándose 40m al cerro, lo observa bajo un ángulo de 60°. Determine la altura H del cerro.



596 En un eclipse total del Sol, el disco lunar cubre exactamente el disco solar, lo que comprueba que el ángulo bajo el cual se ve el Sol es el mismo bajo el cual se ve la Luna. Considerando que el radio de la Luna es 1 738km y que la distancia de la Luna al Sol es 400 veces la de la Tierra a la Luna, calcule el radio del Sol.



597 Una persona de 1,60m de altura está de pie frente al orificio de una cámara oscura, a 2m de distancia. Calcule la altura de su imagen proyectada en la cara opuesta, sabiendo que la longitud de la cámara es de 40cm.

598 La imagen enfocada de un árbol en una cámara oscura dista 50mm del orificio y tiene una altura de 20mm. El árbol está a una distancia de 15m del orificio. ¿Cuál es la altura del árbol?

599 Mediante una cámara oscura de orificio se obtiene la imagen de un edificio, la cual se presenta con una altura igual a 5cm. Aumentando 1m la distancia del edificio a la cámara, la imagen se reduce a 4cm de altura. Calcule la distancia del edificio a la cámara en su primera posición.

600 Una persona de 1,80m de altura se encuentra a 2,4m del orificio de una cámara oscura de 20cm de longitud.

a) ¿Cuál es la altura de la imagen formada?

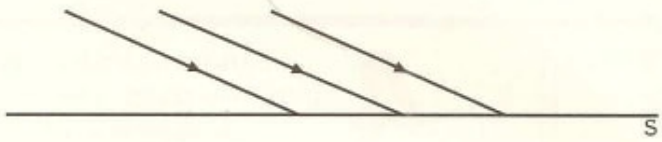
b) ¿En cuánto disminuirá el tamaño de la imagen cuando la persona se aleja 0,6m de la cámara?

Subido por Leazeel

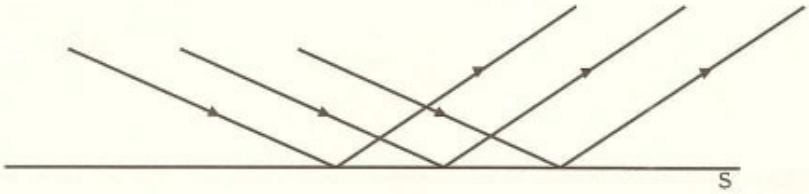
Unidad XII
Reflexión de la Luz

1 Definición

Se considera un haz de luz propagándose en un medio y llegando a la superficie S.



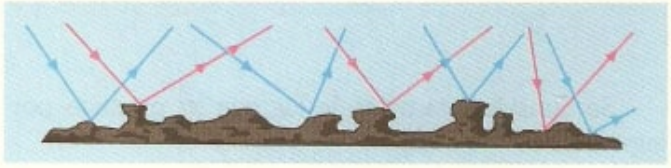
Si este haz de luz retorna al medio en que se estaba propagando, se dice que la luz experimentó reflexión.



> Reflexión es el retorno de un haz luminoso al medio del cual proviene después de alcanzar una superficie.

2 Difusión de la luz

Se considera un conjunto de rayos luminosos un cuerpo lleno de prominencias.



El cuerpo lleno de prominencias refleja los rayos luminosos haciendo que se propaguen en varias direcciones.

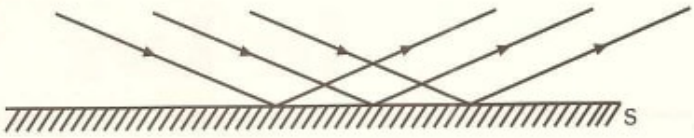
A este fenómeno se denomina *reflexión irregular* o *reflexión difusa*, o simplemente, *difusión*.

Debido a la reflexión difusa es que se puede ver totalmente un cuerpo.

Subido por Leazeel

3 Reflexión regular

Haciendo incidir un conjunto de rayos luminosos sobre una superficie S perfectamente pulida, se nota que los rayos luminosos son reflejados en una única dirección.



Este fenómeno se denomina *reflexión regular*.

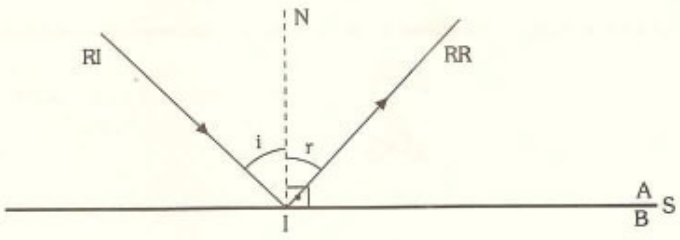
4 Espejo plano

Se denomina espejo plano a toda superficie plana pulida y con alto poder reflector.

En la superficie reflectora es común que se coloque una película muy fina de plata.

5 Leyes de la reflexión

Se considera una superficie S perfectamente pulida que separa los medios A y B.



Se considera también la luz que se propaga por el medio A, alcanzando a la superficie S.

Sea RI un rayo de luz incidente, I el punto de incidencia de ese rayo, RR el rayo reflejado y N la normal a la superficie S en el punto de incidencia I.

Al ángulo i, que el rayo incidente forma con la normal, se denomina *ángulo de incidencia* y al ángulo r, que el rayo reflejado forma con la normal, se llama *ángulo de reflexión*.

Subido por Leazeel

1ª ley: El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal son coplanares.

RI, RR y N son coplanares.

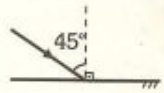
2ª ley: El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

$$i = r$$

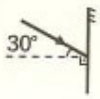
PROBLEMAS PROPUESTOS

601 Trace el rayo reflejado en los siguientes esquemas:

a)

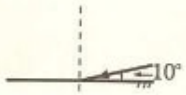


b)



c)

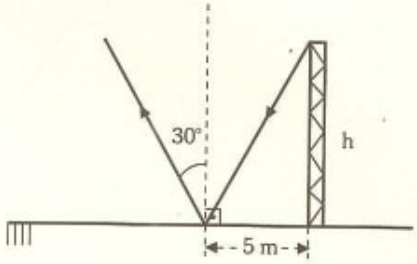
d)



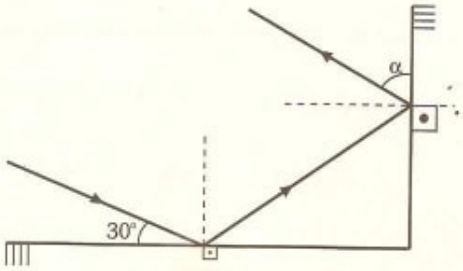
602 Dada la figura, calcule:

a) el ángulo de incidencia;
b) el ángulo de reflexión;
c) el ángulo formado por los rayos incidente y reflejado.

603 Halle la altura h indicada en la figura.

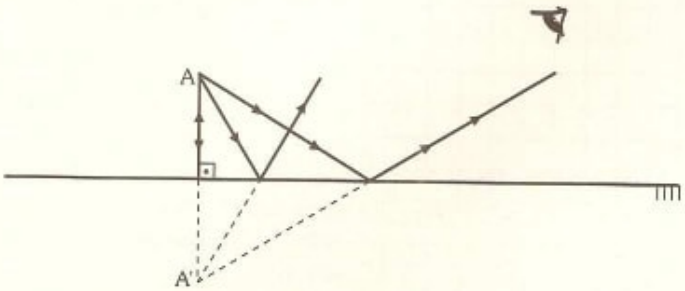


604 Halle el ángulo α indicado en la figura.



6 Formación de imágenes

Colocando un objeto luminoso A delante de un espejo, se observa que los rayos provenientes de él experimentan reflexión regular.



Las prolongaciones de los rayos reflejados se cortan en el punto A', llamado *imagen* de A.

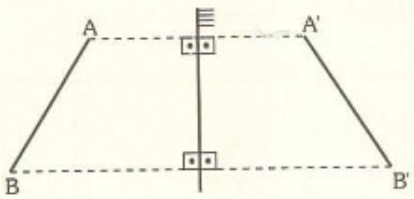
Subido por Leazeel

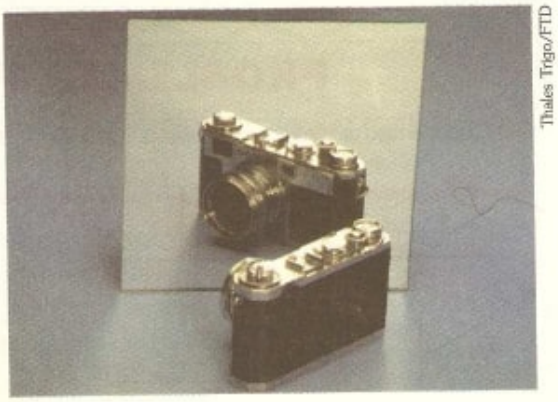
Cuando la imagen está formada por las prolongaciones de los rayos reflejados, se denomina *virtual*.

Se observa que el objeto y la imagen son simétricos en relación al espejo, es decir, se encuentran a la misma distancia del espejo.

Para un observador delante del espejo, todo pasa como si la luz recibida por el espejo tuviese origen en el punto A'.

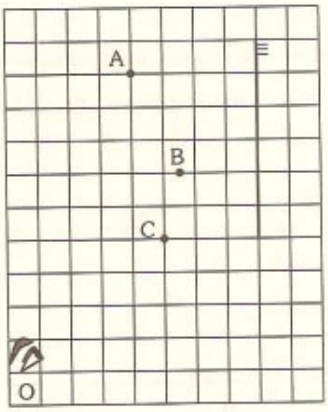
Si el objeto es extenso, su tamaño es igual al tamaño de la imagen.




Thales Trigo/FTD

Problemas de Aplicación

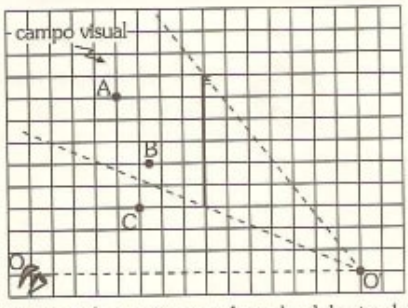
1 Un observador O está delante del espejo plano indicado en la figura. ¿Cuáles son los puntos que él puede ver por reflexión en el espejo?



Solución:

Inicialmente, se traza el simétrico del ojo del observador (punto O') en relación al espejo.

A continuación, se une el punto O' con los extremos inferior y superior del espejo.

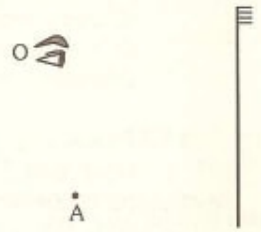


Por último, se traza la región sombreada delante del espejo, que se llama campo visual. Todos los puntos que caen en esta región son vistos por el observador, y aquellos que están fuera de esa región no son vistos.

Respuesta: Sólo serán vistos los puntos A y B.

Subido por Leazeel

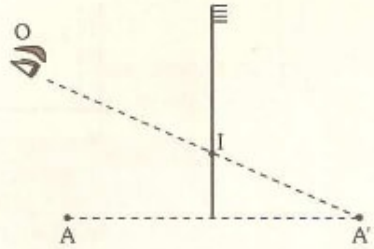
2 Un observador ve el punto A por reflexión. Trace un rayo de luz que permita al observador ver la imagen del punto A.



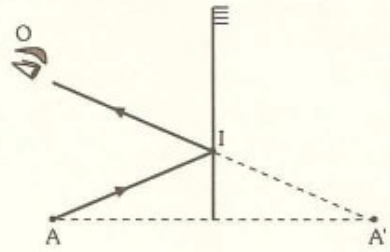
Solución:

Primero, se traza el simétrico de A en relación al espejo, obteniendo el punto A'.

Luego, se une el punto A' con el punto O (ojo del observador). En la intersección de esta recta con el espejo, se marca el punto I.



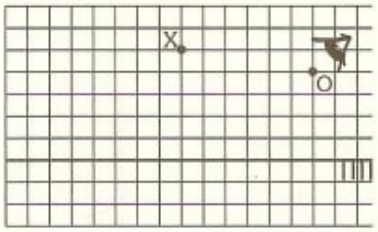
Por último, se traza un rayo que parte de A, incide en el punto I y es reflejado hacia el punto O.



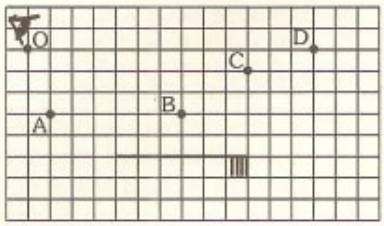
Respuesta: Vea la solución.

PROBLEMAS PROPUESTOS

605 Un observador O ve el punto X por reflexión. Trace un rayo de luz que permita al observador ver la imagen del punto X.



606 Determine cuáles de los puntos A, B, C o D el observador O puede ver por reflexión en el espejo.

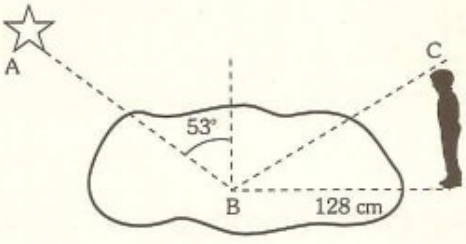


Thales Trigo/FTD
Subido por Leazeel

607 Construya, por simetría, la imagen del objeto en forma de A que se indica en la figura.

608 Sentado en el sillón de un barbero, un joven mira en el espejo la imagen del barbero, que se halla de pie detrás de él. Las dimensiones relevantes se indican en la figura. ¿A qué distancia (horizontal) de los ojos del joven se halla la imagen del barbero?

609 Un niño mira la imagen de una estrella reflejada en un charco. En base al diagrama siguiente, donde los segmentos de rectas AB y BC representan la trayectoria de un rayo luminoso, determine la altura (en centímetros) en que se encuentran los ojos del niño en relación al nivel del agua. Considere cos 53° = 0,6 y sen 53° = 0,8.

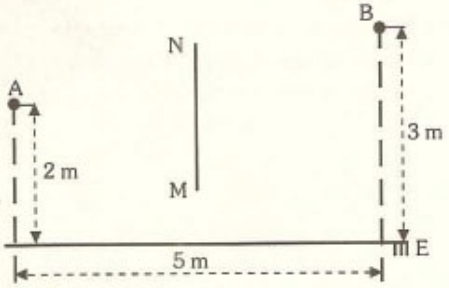


610 Un espejo plano proporciona la imagen de un determinado objeto situado a una distancia igual a 40cm del espejo. El espejo se desplaza 20cm, en dirección perpendicular a su plano, separándose del objeto. Calcule la distancia entre la primera y la nueva imagen.

611 Una sala tiene una pared espejada. Una persona corre en dirección a la pared, perpendicularmente a ésta, con una velocidad de 1,2m/s. Calcule la velocidad con que la imagen se aproxima a la persona.

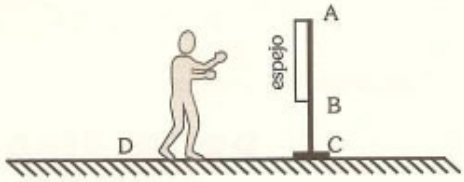
612 Un espejo plano está dispuesto horizontalmente en el suelo. Un observador, cuyos ojos están a 1,80m por encima del plano del espejo y a 2m del centro del espejo, mirando hacia ese punto, ve la punta de un árbol que está a 30m del centro del espejo. Determine la altura del árbol.

613 En el esquema, A es el punto luminoso, E es un espejo plano, B es el punto que debe ser iluminado por la luz proveniente de A, después de la reflexión en E, MN es un obstáculo que no permite la iluminación directa de B.

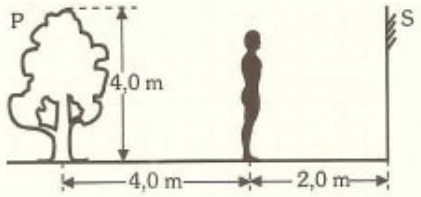


a) ¿Bajo qué ángulo debe incidir un rayo que parta de A, refleje en el espejo y alcance a B?
b) ¿Cuál será la distancia recorrida por el rayo que parta de A, refleje en el espejo y alcance a B?

614 Un joven de 1,80m de altura ve todo su cuerpo reflejado en un espejo plano vertical situado a una distancia CD = 3m. Los ojos del joven se hallan a 1,70m del suelo. Determine:
a) la longitud mínima AB que tiene ese espejo;
b) la distancia BC del borde inferior del espejo al suelo.



615 En el esquema se ilustra un hombre delante de un espejo plano S, vertical, de espaldas hacia un árbol P, de altura igual a 4m. ¿Cuál deberá ser la longitud mínima del espejo para que el hombre pueda ver en él la imagen completa del árbol?



Subido por Leazeel

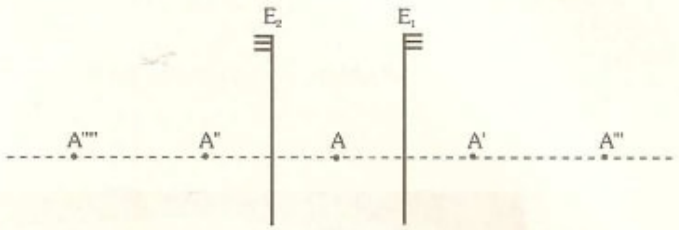
7 Asociación de dos espejos planos

Cuando la luz reflejada por un espejo alcanza a otro, se dice que los espejos están asociados.

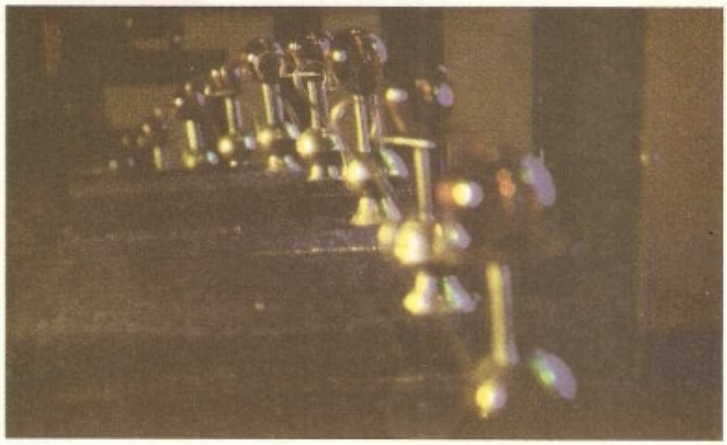
Dos tipos de asociación son posibles:

a) Asociación en paralelo

El número de imágenes formadas del punto A es infinito.



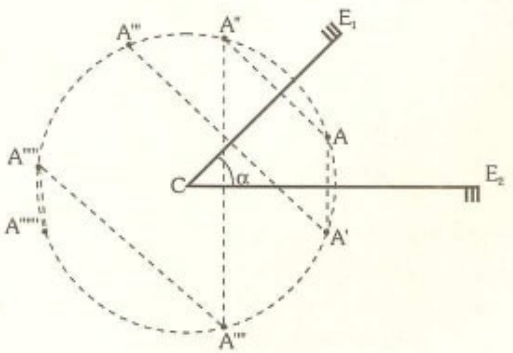
Cada imagen de un espejo hace el papel de un nuevo objeto para otro espejo, y así sucesivamente.



Davidson França/FTD

b) Asociación angular

Sea α el ángulo formado por dos espejos planos cuyas superficies reflectoras se enfrentan.



Subido por Leazeel

El número de imágenes distintas del punto A se da por la expresión:

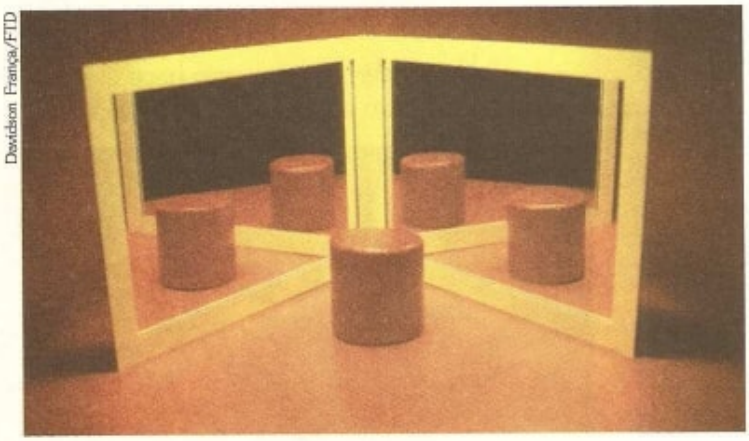
$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Esas imágenes caen sobre la circunferencia de la figura cuyo centro es el punto C y cuyo radio es $\overline{CA}$.

Esta fórmula es válida en los casos en que:

$\frac{360^\circ}{\alpha}$ es par → el objeto A puede estar en cualquier posición entre los espejos;

$\frac{360^\circ}{\alpha}$ es impar → el objeto A debe estar en el plano bisector del ángulo α.



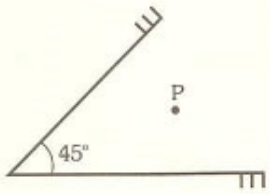
Davidson França/FTD

Asociación con ángulo de abertura de 72°

Problema de Aplicación

Calcule el número de imágenes de un objeto ubicado en el plano bisector de dos espejos planos angulares que forman entre sí un ángulo de 45°.

Solución:



$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1 \Rightarrow N = \frac{360^\circ}{45^\circ} - 1 \Rightarrow N = 7 \text{ imágenes}$$

Respuesta: 7 imágenes

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

616 Calcule el número de imágenes de un objeto colocado entre dos espejos planos que forman entre sí un ángulo de 60°.

617 Halle el ángulo formado por dos espejos planos angulares, sabiendo que el número de imágenes de un objeto colocado entre ellos es igual a 9.

618 Un director de cine desea obtener una escena con 15 bailarinas españolas. Para el efecto él dispone de 3 bailarinas y de dos espejos planos. Para la obtención de tal escena, los espejos planos deben estar dispuestos formando entre sí un ángulo α. Determine el valor de α.

619 Dos espejos planos y casi paralelos están separados por 5m. Un hombre se coloca delante de uno de los espejos, a una distancia de 2m. El observa una secuencia infinita de imágenes, algunas de frente y otras de espaldas.

a) Haga un esquema indicando el hombre, los espejos y las cuatro primeras imágenes que el hombre ve.

b) Indique en el esquema las imágenes de frente y de espaldas con las letras F y E.

c) ¿Cuáles son las distancias entre las imágenes consecutivas?

620 Dos espejos planos forman entre sí un determinado ángulo. Calcule ese ángulo, sabiendo que, reduciéndolo en 10°, el número de imágenes producidas por el sistema de un determinado objeto aumenta en 6.

8 El color de un cuerpo

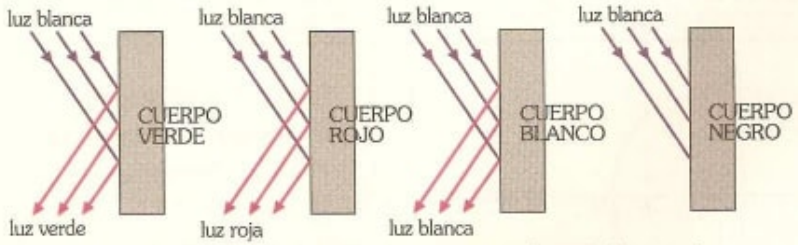
La luz blanca, que es emitida por el Sol, se puede descomponer en siete colores principales:

luz blanca { rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo, violeta

El color que un cuerpo iluminado representa está dado por la constitución de la luz que él refleja difusamente.

Por ejemplo: si un cuerpo iluminado con luz blanca refleja la luz verde y absorbe las demás, este cuerpo tiene color verde; cuando, iluminado con la luz blanca, la absorbe totalmente, tiene color negro.

Observe los esquemas:



Iluminado con luz blanca {
- cuerpo verde — refleja la luz verde.
- cuerpo rojo — refleja la luz roja.
- cuerpo blanco — refleja todos los colores.
- cuerpo negro — absorbe todos los colores.

Subido por Leazeel

Cuando un cuerpo verde (bajo la luz solar) es iluminado con luz roja, él se presenta negro.

Un filtro de luz es utilizado para dejar pasar solamente la luz del mismo color que la del filtro.

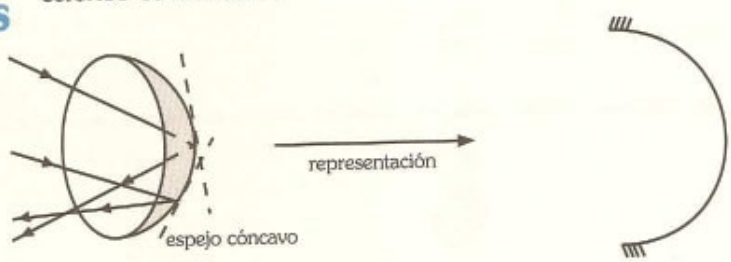
Por ejemplo, si el filtro es rojo, él deja pasar solamente la luz roja. Los otros colores son reflejados o absorbidos y no consiguen atravesar el filtro.

9 Espejos esféricos

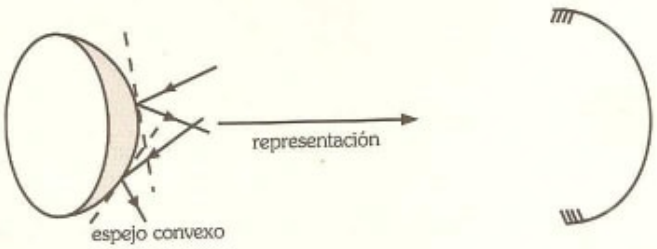
a) Definición

Se denomina espejo esférico a toda superficie reflectora en forma de una calota esférica.

Si la cara interna del casquete es reflectora, el espejo esférico es *cóncavo*.

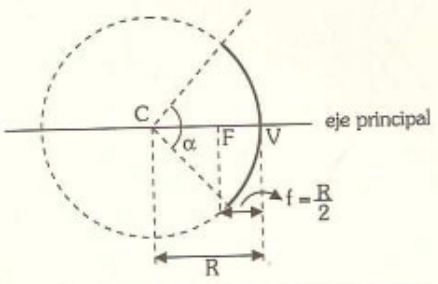


Si la cara externa del casquete es reflectora, el espejo esférico es *convexo*.



b) Nomenclatura

Considere el espejo esférico que se indica en la figura.



Elementos principales:
C = centro de curvatura;
F = foco principal;
V = vértice;
R = radio de curvatura;
f = distancia focal;
α = ángulo de abertura del espejo.

Subido por Leazeel

c) Condiciones de nitidez de Gauss

Se sabe que los espejos planos forman imágenes nítidas de los objetos, pues a cada punto objeto corresponde un único punto imagen (sistema aplanético).

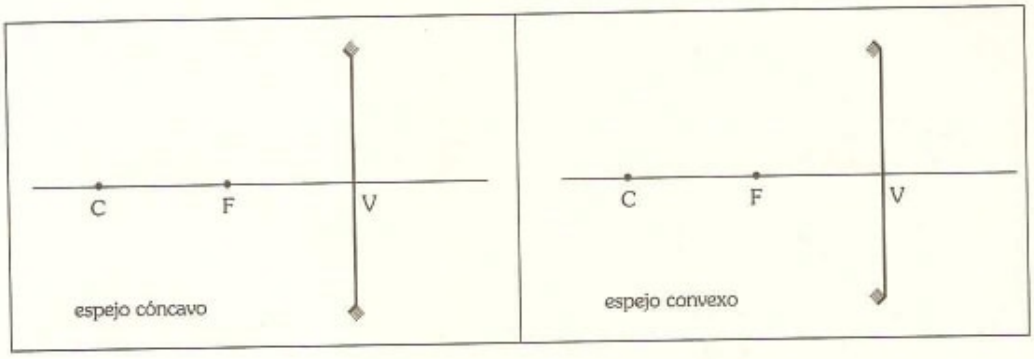
Mientras que eso no ocurre con los espejos esféricos, pues en ellos las imágenes se presentan deformadas, es decir, a cada punto objeto corresponden varios puntos imágenes (sistema astigmático) y las imágenes no son nítidas.

Dentro de determinadas condiciones, los espejos esféricos suministran imágenes cuya falta de nitidez no es percibida por el ojo humano, es decir, los espejos esféricos en esas condiciones son casi aplanéticos.

Estas condiciones, llamadas condiciones de Gauss, son:

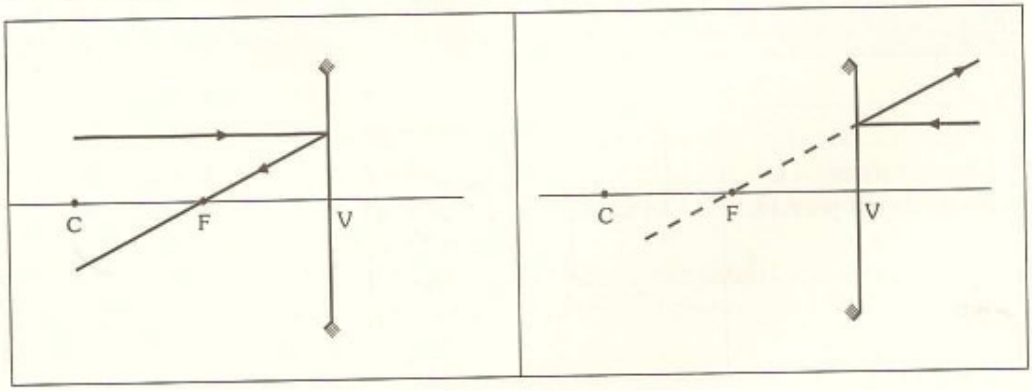
- el espejo debe tener pequeño ángulo de abertura ($\alpha < 10°$);
- los rayos incidentes deben ser próximos al eje principal;
- los rayos incidentes deben ser poco inclinados en relación al eje principal.

Teniendo en cuenta las condiciones de nitidez de Gauss, se utilizarán las siguientes representaciones para los espejos esféricos:



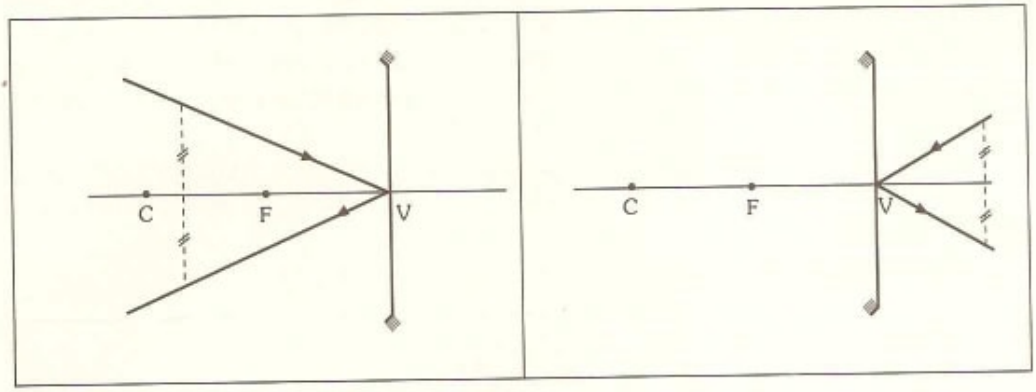
d) Rayos notables

Si un rayo de luz incide paralelamente al eje principal, el rayo reflejado pasa por el foco principal.

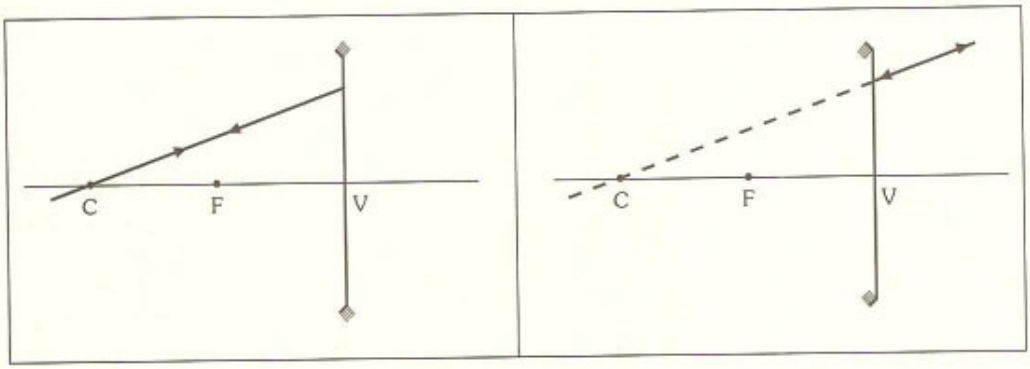


Subido por Leazeel

Si un rayo de luz incide en el vértice del espejo, el rayo reflejado es simétrico en relación al eje principal.

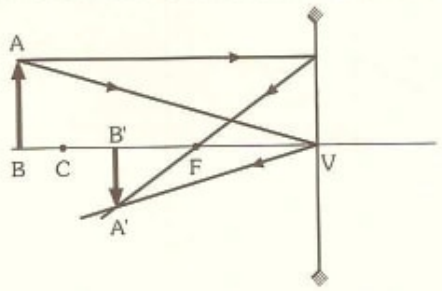


Si un rayo de luz incide pasando por el centro de curvatura, el rayo es reflejado sobre sí mismo.

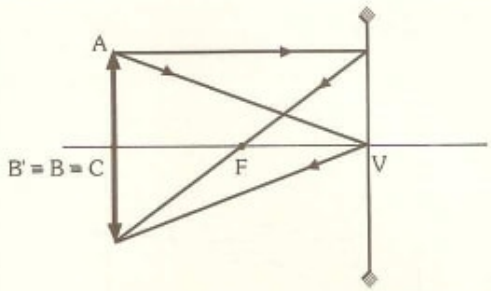
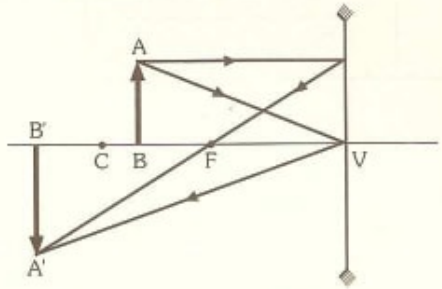
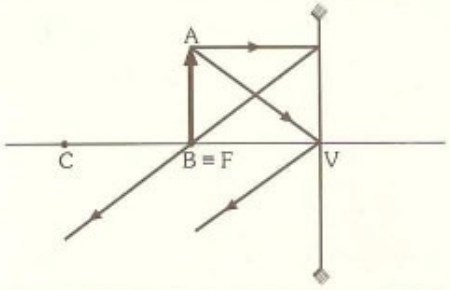
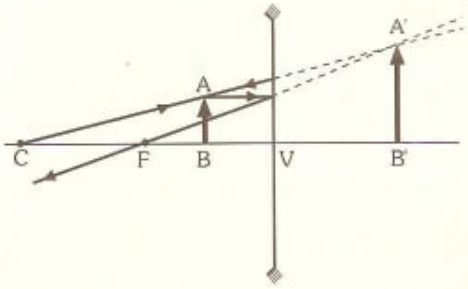


e) Construcción geométrica de las imágenes

Las imágenes suministradas por un espejo esférico pueden ser obtenidas utilizándose dos de los tres rayos notables.

Posición del objeto AB	Espejo cóncavo	Características de la imagen A'B'
Objeto extenso a la izquierda del punto C		Real Menor Invertida

Subido por Leazeel

Posición del objeto AB	Espejo cóncavo	Características de la imagen A'B'
Objeto extenso sobre C		Real Igual Invertida
Objeto extenso entre C y F		Real Invertida Mayor
Objeto extenso sobre F		A la imagen se denomina impropia, pues los rayos reflejados son paralelos.
Objeto extenso entre F y V		Virtual Derecha Mayor

Se observa que las características de la imagen A'B' para el espejo cóncavo dependen de la posición del objeto AB sobre el eje principal.

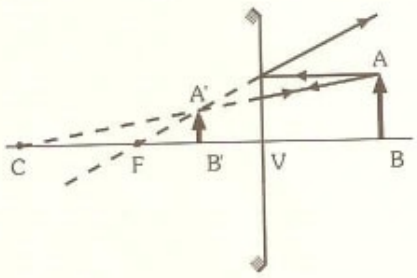
Se nota también que la imagen del punto B del objeto AB está localizada sobre el eje principal.

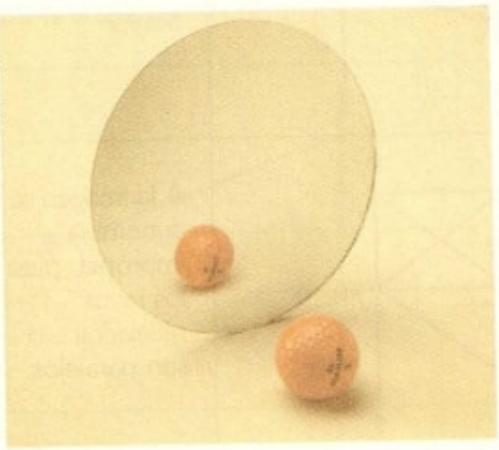
Cuando el objeto y la imagen pertenecen al mismo semiplano (arriba o abajo) del eje principal, se dice que la imagen es *derecha* en relación al objeto. Caso contrario, se dice que es *invertida* en relación al objeto.

La imagen es *real* cuando está formada por los propios rayos reflejados y *virtual* cuando está formada por las prolongaciones de los rayos reflejados.

Subido por Leazeel

A continuación, se indica la construcción de la imagen formada por un espejo convexo.

Posición del objeto AB	Espejo convexo	Características de la imagen A'B'
Objeto extenso localizado delante del espejo		Virtual Menor Derecha



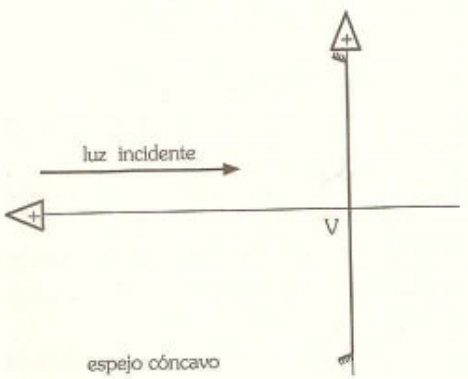
Thales Trigo/FTD

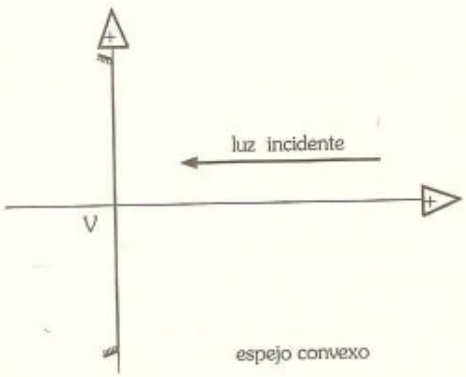
Para el espejo convexo, la imagen de un objeto AB colocado delante del espejo es siempre *virtual*, *menor* y *derecha*.

f) Estudio analítico

1º) Convención de signos (Convención de Gauss)

Se consideran dos ejes ortogonales con origen en el vértice del espejo.





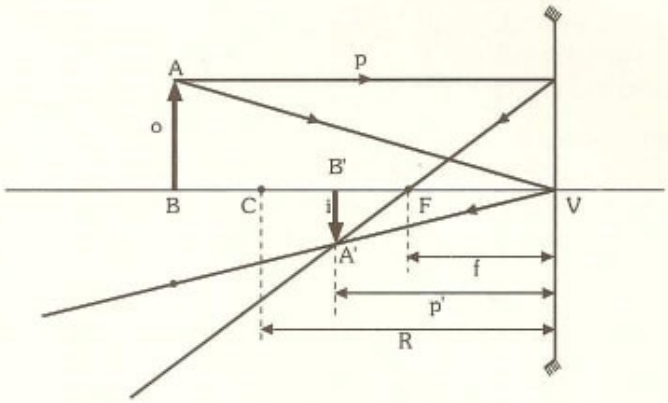
Subido por Leazeel

Eje de abscisas
- origen: vértice del espejo
- dirección: la del eje principal
- sentido: contrario al de la luz incidente

Eje de ordenadas
- origen: vértice del espejo
- dirección: perpendicular al eje principal
- sentido: de abajo hacia arriba

2º) Ecuación de Gauss y ecuación del aumento lineal transversal

Se considera el espejo de la figura:



Donde:

p = distancia del objeto al vértice (abscisa del objeto);

p' = distancia de la imagen al vértice (abscisa de la imagen);

o = altura del objeto;

i = altura de la imagen;

f = distancia focal;

R = radio de curvatura (R = 2f).

Por semejanza de triángulos se puede demostrar que:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$ ecuación de Gauss

y

$$A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$ ecuación del aumento lineal transversal (A)

Considerando siempre el objeto real (p > 0), en estas ecuaciones se tiene:

	imagen real ⇒ p' > 0
espejo cóncavo ⇒ f > 0	imagen virtual ⇒ p' < 0
espejo convexo ⇒ f < 0	imagen derecha ⇒ i > 0
	imagen invertida ⇒ i < 0

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Un objeto frontal de 10cm de altura se coloca a una distancia x de un espejo esférico. La imagen es virtual, tiene altura 2,5cm y está localizada a 30cm del espejo.

a) ¿Cuál es la distancia x?

b) ¿Cuál es la distancia focal del espejo?

Solución:

a) Como la imagen es virtual y tiene altura (i = 2,5cm) menor que el objeto (o = 10cm), el espejo es convexo. Luego, $i > 0$ y $p' = -30cm$.

$$\frac{i}{o} = -\frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{2,5}{10} = -\frac{(-30)}{p} \Rightarrow p = 120cm \therefore p = x = 120cm$$

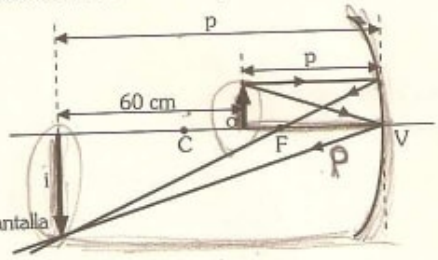
b) $$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{120} - \frac{1}{30} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{-3}{120} \Rightarrow f = -40cm$$

Respuesta: a) 120cm b) –40cm

2 La distancia entre un objeto y la imagen que conjuga un espejo cóncavo es de 60cm. La imagen proyectada en una pantalla es cuatro veces mayor que el objeto. Determine el radio de curvatura del espejo.

Solución:

Solamente imágenes reales se pueden proyectar en una pantalla. Luego, el espejo es cóncavo con el objeto localizado entre C y F.



Datos: $\begin{cases} p' - p = 60cm \\ i = -40 \\ \hookrightarrow \text{invertida} \end{cases}$

$$\frac{i}{o} = \frac{-p'}{p} \Rightarrow \frac{-4o}{o} = \frac{-p'}{p} \Rightarrow p' = 4p$$

$$p' - p = 60 \Rightarrow 4p - p = 60$$

$$3p = 60 \Rightarrow p = 20cm$$

$$p' = 4p \Rightarrow p' = 4 \cdot 20 = 80cm$$

• Cálculo de f:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{20} + \frac{1}{80} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{4+1}{80} \Rightarrow f = 16cm$$

• Cálculo del radio de curvatura:

$R = 2f \Rightarrow R = 2 \cdot 16 = 32cm$

Respuesta: 32cm

PROBLEMAS PROPUESTOS

621 Sea un espejo esférico cóncavo de 30cm de radio. Determine las características de la imagen que se forma de un objeto de 4cm de altura colocado a 10cm del espejo.

622 Un espejo cóncavo suministra, de un objeto real situado a 40cm de su vértice, una imagen real situada a 20cm del vértice. Calcule:

a) la distancia focal del espejo;

b) el radio de curvatura del espejo;

c) el aumento lineal tranversal.

623 La imagen de un objeto se forma a 40cm de un espejo cóncavo con distancia focal de 30cm. La imagen formada se sitúa sobre el eje principal del espejo, es real, invertida y tiene 3cm de altura.

a) Determine la posición del objeto.

b) Construya el esquema referente a la cuestión representando objeto, imagen, espejo y radios utilizados e indicando las distancias consideradas.

624 Un objeto se coloca delante de un espejo cóncavo de 24cm de radio de curvatura. Determine el au-

Subido por Leazeel

mento lineal transversal en los siguientes casos:
a) el objeto se localiza a 36cm del espejo;
b) el objeto se localiza a 24cm del espejo;
c) el objeto se localiza a 6cm del espejo.

625 Una niña está a 20cm de un espejo esférico cóncavo y observa la imagen derecha de su rostro dos veces ampliada.
a) Represente esquematicamente el espejo cóncavo, el objeto y la imagen conjugada.
b) Determine la distancia focal del espejo.

626 Un espejo esférico proyecta sobre una pared una imagen 3 veces mayor de una vela colocada delante de él. Sabiendo que el vértice del espejo se encuentra a 6m de la pared, responda a las siguientes preguntas:
a) ¿el espejo es cóncavo o convexo? ¿Por qué?
b) ¿cuánto mide el radio del espejo? Explique su respuesta, presentando el cálculo del radio.

627 Un objeto colocado delante de un espejo esférico cóncavo produce una imagen invertida con tamaño igual al cuádruple del tamaño del objeto. Siendo la distancia del objeto a la imagen d = 75cm, calcule la distancia focal del espejo.

628 Un investigador necesita observar mejor un pequeño objeto. Para ello proyecta, con la ayuda de un espejo, la imagen real del objeto, ampliada 10 veces, sobre una pantalla situada a 9m del objeto.
a) Determine el tipo de espejo utilizado y su distancia focal.
b) Determine la distancia de la pantalla al espejo.

629 Un objeto de 75mm de altura se coloca perpendicularmente al eje principal de un espejo esférico cóncavo, de distancia focal igual a 30cm. Se obtiene un aumento de 1,5. Siendo real la imagen, se pregunta:
a) ¿cuál es la altura de la imagen obtenida? ¿Ella es derecha o invertida?
b) ¿cuál es la distancia de la imagen al espejo?
c) ¿cuál es la distancia del objeto al espejo?

630 La distancia entre un objeto real y la imagen que conjuga un espejo cóncavo es 72cm. La altura de la imagen es $\frac{1}{4}$ de la altura del objeto.
a) Determine la abscisa del objeto.
b) Calcule la distancia focal del espejo.

631 Los espejos retrovisores usados en motos son convexos.
a) ¿Cuáles son las características de la imagen que ellos forman?
b) ¿Cuál es la ventaja de usar esos espejos?
c) El motociclista ve la imagen de un automóvil localizado 9m detrás de la moto. Sabiendo que la distancia focal del espejo es de 3m, halle la posición y el aumento de esa imagen.

632 Un objeto de 6cm de altura está localizado a 30cm de distancia de un espejo esférico convexo, de 40cm de radio. Calcule:
a) la posición de la imagen;
b) la altura de la imagen;
c) el aumento lineal transversal.

633 Un objeto localizado a 150cm delante de un espejo convexo forma la imagen a 50cm detrás del espejo. Determine la distancia focal de ese espejo.

634 En una experiencia de óptica, un estudiante relata los siguientes datos sobre un cierto objeto y su imagen suministrada por un espejo:
distancia focal del espejo: 20cm
aumento: 0,1 imagen: derecha.
En base a sus conocimientos, calcule:
a) el tipo de espejo utilizado;
b) la abscisa de la imagen;
c) la abscisa del objeto.

635 El conductor de un automóvil observa en su retrovisor, que consiste en un espejo esférico convexo, la imagen de un motociclista. Siendo 2m el tamaño del objeto (sistema moto-piloto) y 4cm el tamaño de la imagen obtenida cuando el objeto se encuentra a 50m del espejo, determine la distancia focal del espejo retrovisor.

636 En un reciente reportaje sobre la violencia en las grandes ciudades, una emisora de televisión mostró el sistema de seguridad de una residencia, del cual forma parte un espejo esférico convexo. Ese espejo permite la visión de una amplia área en torno a la residencia.
A partir del enunciado, responda:
a) ¿Las imágenes suministradas por el espejo son derechas o invertidas en relación a los objetos?
b) ¿Las imágenes suministradas por el espejo pueden ser mayores que los correspondientes objetos? ¿Por qué?
c) ¿Las imágenes suministradas por el espejo pueden ser proyectadas en una pantalla en el interior de la residencia? ¿Por qué?

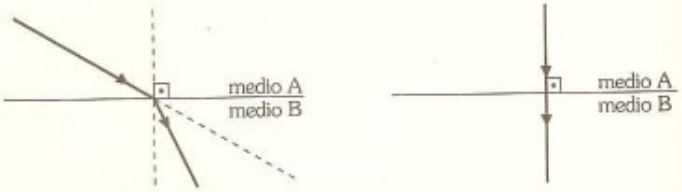
Subido por Leazeel

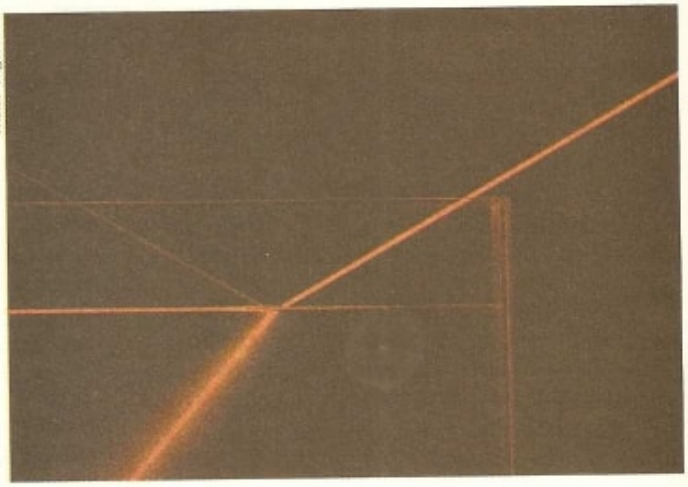
Unidad XIII
Refracción de la Luz

1 Definición

Refracción es el paso de la luz de un medio a otro.

Cuando la incidencia es oblicua, la refracción está acompañada del cambio de dirección, lo que no sucede si la incidencia es perpendicular.





Thales Trigo/FTD

Nelson Toledo/FTD

Es por efecto de la refracción que un pez visto bajo el agua de un río parece estar a una profundidad menor que la real; un lápiz en un vaso con água parece estar quebrado en la superficie del agua.

Subido por Leazeel

2 Índice de refracción absoluto

Se denomina *índice de refracción absoluto* de un medio para una determinada luz monocromática al cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio considerado.

$$n = \frac{c}{v}$$

Donde:

n = índice de refracción absoluto;

c = velocidad de la luz en el vacío;

v = velocidad de la luz en el medio considerado.

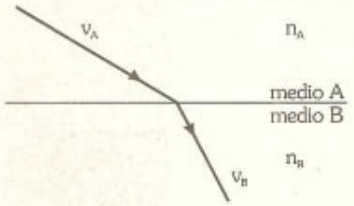
Para el vacío, el índice de refracción absoluto es igual a 1.

En cualquier otro medio el índice de refracción absoluto es mayor que 1. Se admitirá en el curso que $n_{aire} = 1$.

El medio que tiene mayor índice de refracción tiene mayor *refringencia* y vice versa. Refringencia, por lo tanto, es la medida del índice de refracción absoluto.

3 Índice de refracción relativo

Considerando la refracción indicada en la figura.



Se sabe que: $n_A = \frac{c}{v_A}$ ① y $n_B = \frac{c}{v_B}$ ②.

Si se divide ① por ②, se tiene:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{\frac{c}{v_A}}{\frac{c}{v_B}} \Rightarrow \boxed{\frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A}}$$

Donde:

$\frac{n_A}{n_B} = n_{A,B}$ es el índice de refracción relativo del medio A en relación al medio B;

v_A es la velocidad de la luz en el medio A;

v_B es la velocidad de la luz en el medio B.

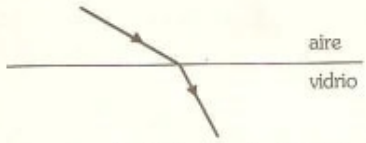
Esta fórmula muestra que:

$$\boxed{n_A > n_B \Rightarrow v_B > v_A}$$

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

La figura ilustra un rayo de luz que pasa del aire al vidrio.



Sabiendo que $n_{vidrio} = 1,5$, calcule la velocidad de la luz en el vidrio.

Solución:

Se sabe que $n_{aire} = 1$ y $v_{aire} = 300\,000$km/s. Luego:

$$\frac{n_{aire}}{n_{vidrio}} = \frac{v_{vidrio}}{v_{aire}} \Rightarrow \frac{1}{1,5} = \frac{v_{vidrio}}{300\,000} \Rightarrow v_{vidrio} = 200\,000\text{km/s}$$

Respuesta: 200 000km/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

637 ¿Cuál es la velocidad de la luz en un diamante cuyo índice de refracción absoluto es 2,42?

638 La velocidad de la luz amarilla en el benceno es de 200 000km/s. Halle el índice de refracción absoluto del benceno.

639 La velocidad de propagación de la luz en cierto medio es $v = \frac{c}{3}$. Calcule el índice de refracción absoluto de ese medio.

640 Calcule la velocidad de la luz en el vidrio, sabiendo que su velocidad en el água es $2,2 \cdot 10^8$m/s y que el índice de refracción del agua en relación al vidrio es 0,90.

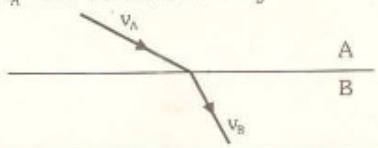
641 La velocidad de la luz en un medio A es de 200 000km/s y, en un medio B, es 250 000km/s. Calcule:

a) el índice de refracción absoluto del medio A;

b) el índice de refracción absoluto del medio B;

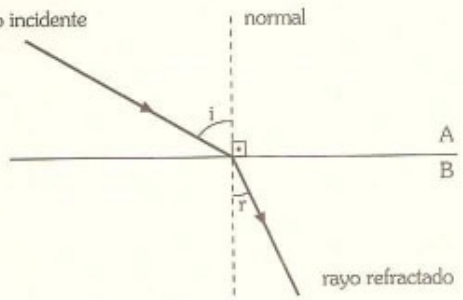
c) el índice de refracción del medio A en relación al medio B.

642 La figura muestra un rayo de luz que pasa del medio A al medio B. Siendo $n_A = 1,2$, $n_B = 1,6$ y $v_A = 250\,000$km/s, calcule v_B.



4 Leyes de la refracción

Considerando la refracción indicada en la figura.



Donde:

i = ángulo de incidencia;

r = ángulo de refracción.

Subido por Leazeel

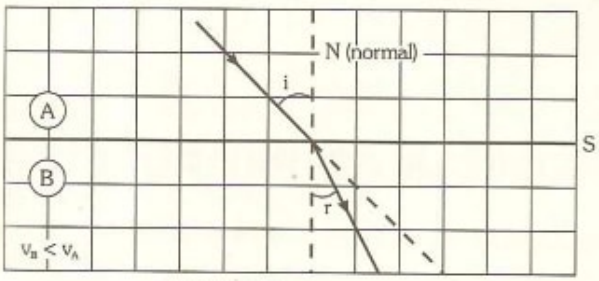
1ª Ley: El rayo incidente, el rayo refractado y la normal se hallan en el mismo plano.

2ª Ley: El producto del seno del ángulo formado con la normal por el índice de refracción de ese medio es una constante (Ley de Snell-Descartes).

$$n_A \cdot \text{sen } i = n_B \cdot \text{sen } r$$

Conclusiones a partir de la Ley de Snell-Descartes

a) Considere el esquema donde $n_A < n_B$:



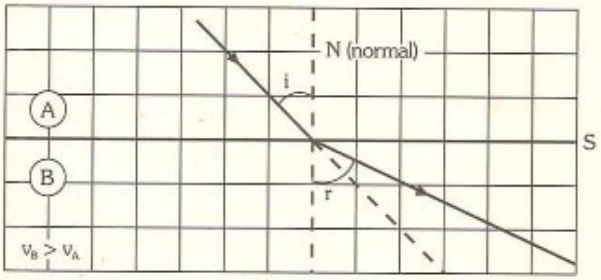
$$\text{sen } i > \text{sen } r$$

Si $n_A < n_B$, se tiene: $n_A \cdot \text{sen } i = n_B \cdot \text{sen } r \Rightarrow \text{sen } i > \text{sen } r \therefore$ **i > r** .

($n_A < n_B$)

Al pasar de un medio menos refringente a otro más refringente, el rayo de luz se aproxima a la normal.

b) Considere el esquema donde $n_A > n_B$:



$$\text{sen } i < \text{sen } r$$

Si $n_A > n_B$, se tiene: $n_A \cdot \text{sen } i = n_B \cdot \text{sen } r \Rightarrow \text{sen } i < \text{sen } r \therefore$ **i < r** .

($n_A < n_B$)

Al pasar de un medio más refringente a otro menos refringente, el rayo de luz se aleja de la normal.

Subido por Leazeel

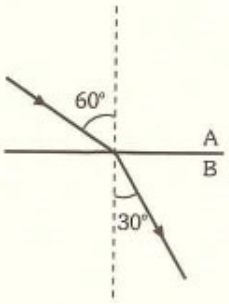
Problema de Aplicación

Un rayo luminoso monocromático pasa de un medio A a un medio B, como se indica en la figura.

El medio A es el aire, donde $n_A = 1$ y $v_A = 300\,000$km/s.

a) ¿Cuál es el índice de refracción absoluto del medio B?

b) ¿Cuál es la velocidad del rayo luminoso en el medio B?



Solución:

a) Utilizando la ley de Snell-Descartes, se tiene:

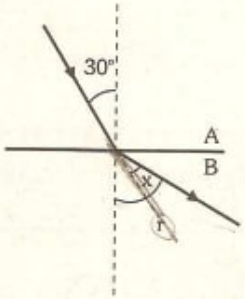
$$n_A \cdot \text{sen } 60° = n_B \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = n_B \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow n_B = \sqrt{3}$$

b) $$\frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{v_B}{300\,000} \Rightarrow v_B = 100\,000\sqrt{3}\text{km/s}$$

Respuesta: a) $\sqrt{3}$ b) $100\,000\sqrt{3}$km/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

643 Un rayo de luz pasa del medio A al medio B, conforme a la figura.

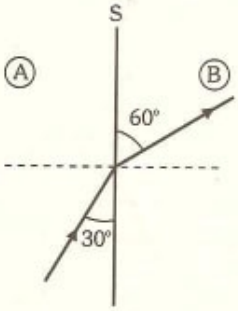


Sabiendo que $n_A = \sqrt{3}$ y $n_B = 1$, calcule:

a) el ángulo de refracción r;

b) el ángulo de desvío x.

644 Un rayo luminoso se propaga en un medio A, incide sobre la superficie plana de separación S, entre él y un medio B. Sabiendo que el índice de refracción absoluto del medio A es $\sqrt{2}$, calcule el índice de refracción absoluto del medio B.



645 Un rayo de luz, al propagarse en el aire, incide sobre la superficie plana de separación entre el aire y el vidrio. Sabiendo que el ángulo de incidencia es de 45° y el índice de refracción absoluto del vidrio es $\sqrt{2}$, calcule:

a) el ángulo de refracción;

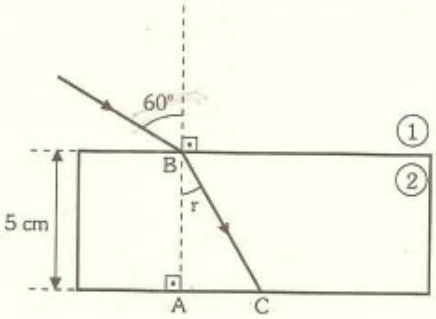
b) el desvío angular sufrido por el rayo incidente.

646 En un par de medios, A y B, para una incidencia de 45° en el medio B se obtiene una emergencia rasante en el medio A. Determine el índice de refracción del medio B en relación al medio A.

647 En la figura se representa un medio 1 y un medio 2. La luz pasa del medio 1 al medio 2 siguiendo la trayectoria indicada. Siendo $n_1 = \sqrt{3}$ y $n_2 = 3$,

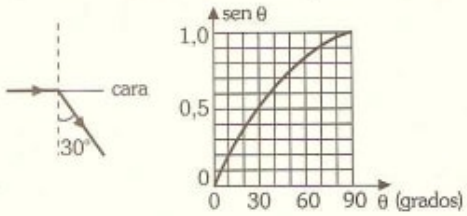
a) ¿cuál es el valor del ángulo r?

b) ¿cuál es el valor de la distancia AC?



Subido por Leazeel

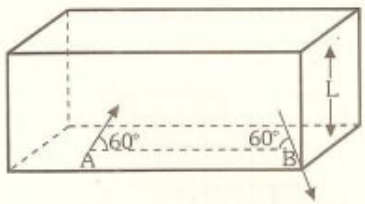
648 Un rayo rasante de luz monocromática pasa de un medio transparente a otro, a través de la cara plana intermedia, y se refracta en un ángulo de 30° con la normal, como ilustra la figura.



Si el ángulo de incidencia se reduce a 30° con la normal, ¿cuál es, aproximadamente, el ángulo que el rayo refractado formará con la normal?

649 Un haz de luz entra en el interior de una caja rectangular de altura L, espejada internamente, a través de una abertura A. El haz, después de sufrir 5 reflexiones, sale de la caja por un orificio B después de haber trascurrido 10^{-8} s.
Los ángulos formados por la dirección del haz y el segmento AB se indican en la figura.

a) Calcule la longitud del segmento AB.
b) ¿Qué ocurre con el número de reflexiones y con el tiempo entre la entrada y la salida del haz, si se disminuye la altura L de la caja a la mitad?



650 Cuando un haz de luz, al propagarse en el aire, incide sobre la superficie plana de separación entre el aire y un medio transparente, como, por ejemplo, el agua o el vidrio, ocurren simultáneamente la refracción y la reflexión. En este caso se dice que la luz sufre una reflexión parcial. Describa detalladamente por lo menos una situación que Ud. presenció en el transcurso de su vida diaria, que sirva como evidencia para eso, o sea, que muestre que en esos casos la luz también sufre reflexión.

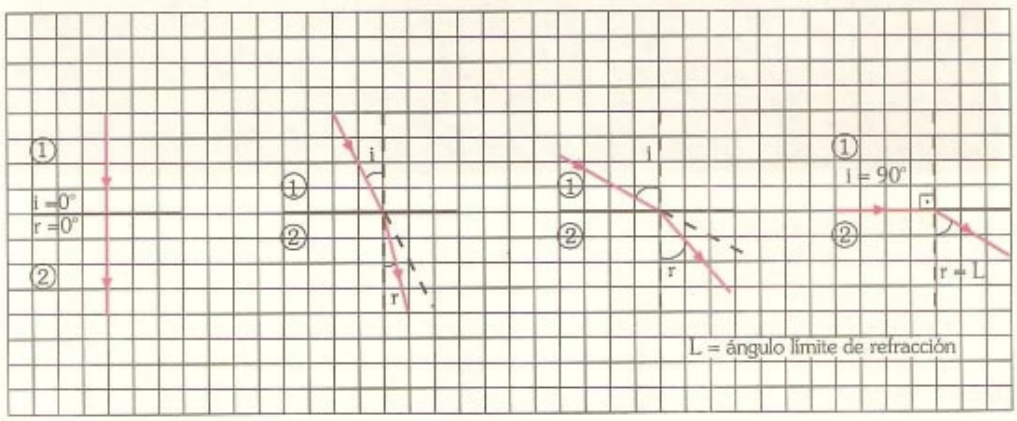
5 Ángulo límite

Considere dos medios ① y ② separados por la superficie S.

Admita que el medio ② sea más refringente que el medio ① .

En esta condición, la luz se propaga en el medio ① , incide en S con un ángulo de incidencia i, generando un rayo refractado que se aproxima a la normal. El ángulo de refracción es r.

Variando el ángulo i en el intervalo de [0°, 90°], se verifica que el ángulo de refracción r también varía.

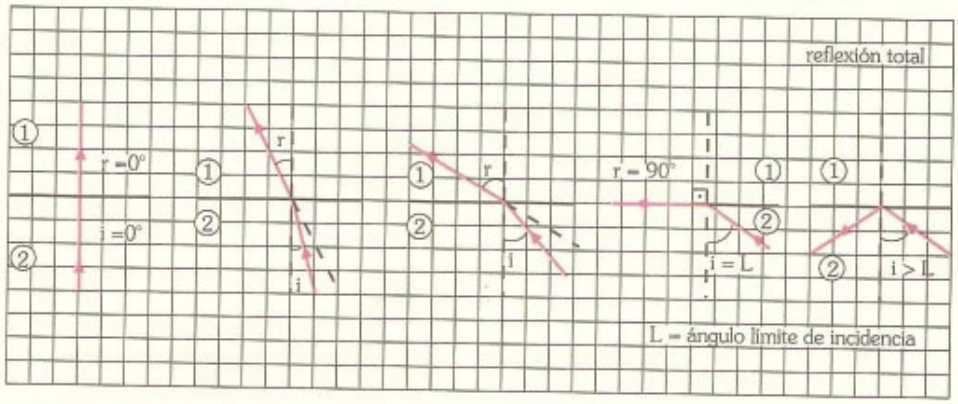


Se observa que, a medida que aumenta el valor de i, aumenta el valor de r.

Cuando i = 90°, existe en correspondencia un valor de r (r = L) que es el mayor valor posible para el ángulo de refracción, denominado *ángulo límite de refracción*.

Se admite que la luz se propaga del medio ② al medio ①, donde el rayo refractado se aleja de la normal.

Por el principio de reversibilidad, se tiene:

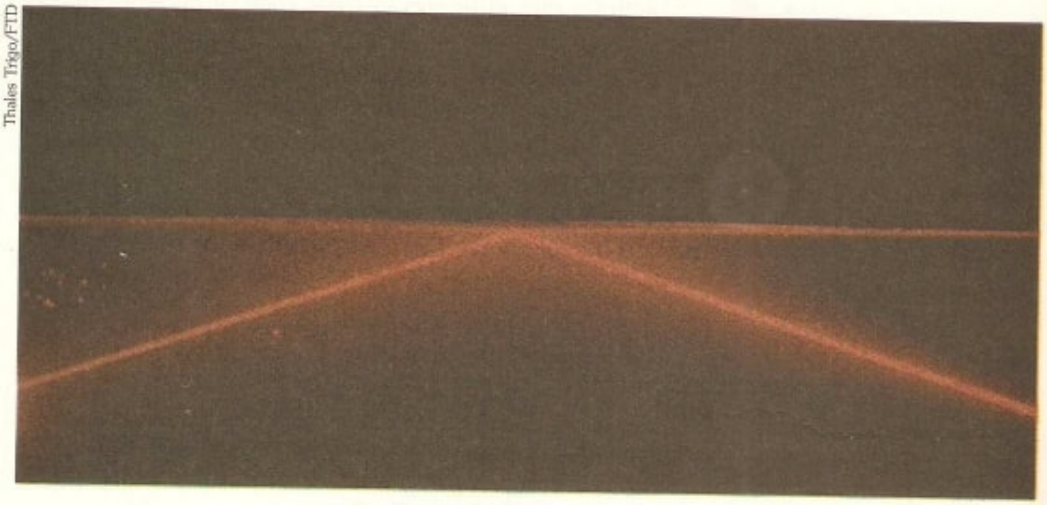


Se observa que para i = L todavía hay refracción.

Al ángulo L se denomina ángulo límite de incidencia.

Para un ángulo de incidencia *mayor* que el ángulo límite de incidencia correspondería un ángulo de refracción mayor que 90°, es decir, el rayo vuelve al medio ②, ocurriendo el fenómeno llamado *reflexión total*.

Thales Trigo/FTD



Para que ocurra la reflexión total:

- el sentido de propagación de la luz debe ser del medio más refringente al menos refringente;
- el ángulo de incidencia debe ser mayor que el ángulo límite (i > L).

Los ángulos límites de incidencia y de refracción son iguales y ocurren siempre en el mismo medio (más refringente); por eso, se denominan ángulos límites.

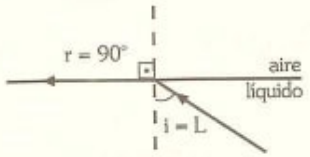
Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Para una luz monocromática, el índice de refracción absoluto de un líquido es $\sqrt{2}$. Determine el ángulo límite de la luz al propagarse del líquido al aire.

Solución:

Datos $\begin{cases} r = 90° \\ n_{aire} = 1 \\ n_{liq} = \sqrt{2} \end{cases}$



Como la luz pasa del medio más refringente al menos refringente, el ángulo límite es el de incidencia.

Por la Ley de Snell:

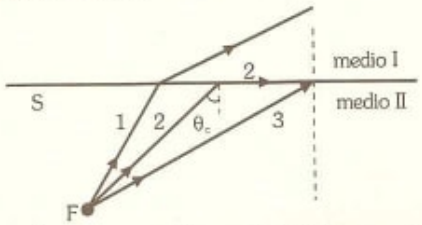
$$n_{aire} \text{ sen } r = n_{liq} \text{ sen } i \Rightarrow n_{aire} \text{ sen } 90° = n_{liq} \text{ sen } L \Rightarrow 1 \cdot 1 = \sqrt{2} \text{ sen } L$$

$$\text{sen } L = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow L = 45°$$

Respuesta: El ángulo límite es L = 45°.

PROBLEMAS PROPUESTOS

651 Observe la figura.



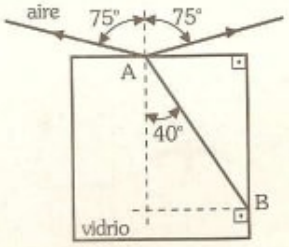
Esa figura representa la superficie S de separación entre los dos medios I y II. Los rayos 1, 2 y 3 parten de la fuente F en dirección a la superficie S. El θ_c, en la figura, se llama ángulo crítico.

a) Explique si el rayo 3 de la figura, al alcanzar S, experimentará sólo refracción, sólo reflexión, o reflexión y refracción. Explique su respuesta.

b) Considerando que los índices de refracción de los dos medios son 1 y 2, determine el valor del ángulo crítico.

652 En una película de televisión, unos ladrones tratan de recuperar un cofre que ellos mismos hundieron a una profundidad de 8m en agua, cuyo índice de refracción en relación al aire es $\frac{4}{3}$. Para cubrir la operación, anclaron sobre el lugar una plataforma. Calcule el valor mínimo del rayo de la plataforma necesario para que nadie, de otras embarcaciones, pueda ver lo que está ocurriendo bajo la superficie.

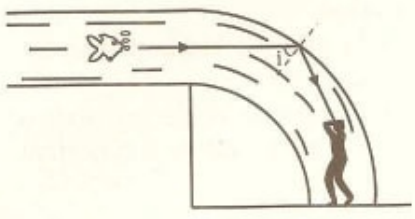
653 La figura muestra un rayo de luz monocromática propagándose en el aire y alcanzando el punto A de la superficie de un paralelepípedo rectangular hecho de vidrio transparente. La línea de punto, normal a la superficie en el punto de incidencia del rayo luminoso, y los tres rayos representados están situados en un mismo plano paralelo a una de las caras del bloque.



a) De acuerdo con la figura, ¿qué fenómenos están ocurriendo en el punto A?

b) El ángulo límite para un rayo de la luz considerada cuando se propaga de ese vidrio al aire es 42°. Reproduzca la figura en su cuaderno, mostrando lo que ocurrirá con el rayo en el interior del vidrio al alcanzar el punto B.

654 ¿Es posible que una persona que se baña en una cascada vea un pez nadando en la parte superior del río? Explique.

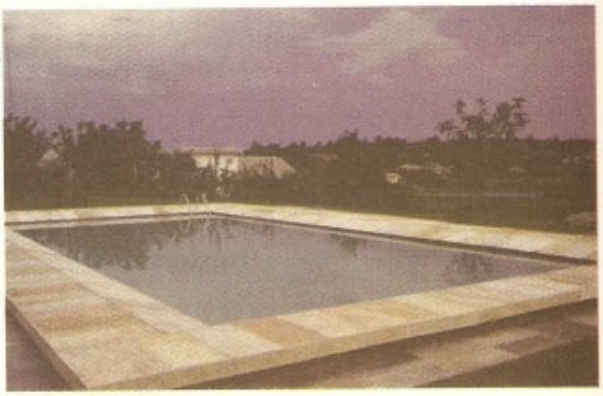


6 Dioptrio plano

a) Definición

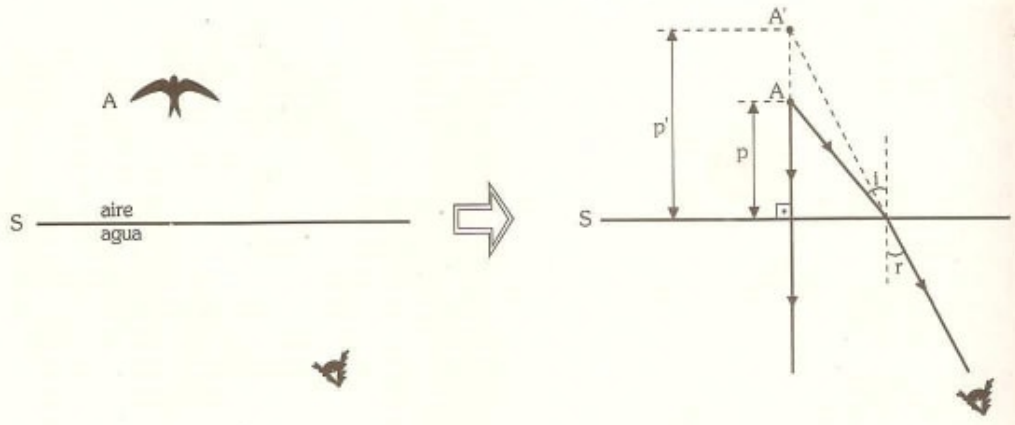
Es todo sistema formado por dos medios homogéneos y transparentes, separados por una superficie S plana.

Como ejemplo, se puede citar el aire y el agua de una piscina.


Thales Trigo/FTD

b) Formación de imágenes

El siguiente esquema representa una persona dentro del agua (observador) mirando a un pájaro A que se encuentra en el aire.



Para determinar la imagen A' del punto objeto A (pájaro), se trazan dos rayos incidentes:

- El primero incide perpendicularmente a la superficie S y se refracta sin sufrir desviación.
- El segundo incide formando un ángulo i con la normal y se refracta con un ángulo r aproximándose a la normal.

Subido por Leazeel

En la intersección de las prolongaciones de los dos rayos refractados se obtiene la imagen A' del punto A.

Se observa que la imagen A' es *virtual* y está más *alejada* de la superficie S.

Para pequeños ángulos de incidencia, es decir, cuando el objeto se observa en incidencia practicamente normal, vale la ecuación:

$$\frac{n_{observador}}{n_{objeto}} = \frac{p'}{p}$$

Donde:
p = distancia del objeto a la superficie;
p'= distancia de la imagen a la superficie.

Problema de Aplicación

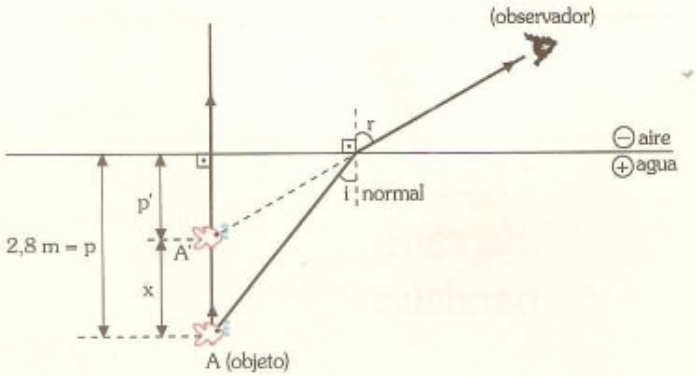
Un pescador observa un pez en un lago. El pez se encuentra a 2,8m de profundidad de la superficie libre del agua. Se sabe que el índice de refracción absoluto del aire es igual a 1 y el del agua es $\frac{4}{3}$.

a) ¿Cuál es la profundidad aparente en que el pescador ve el pez?

b) ¿Cuál es la elevación aparente del pez?

Solución:

a) Para determinar la imagen A' del punto objeto A (pez), se trazan dos rayos incidentes:



Donde:

p = distancia del objeto a la superficie;

p'= distancia de la imagen a la superficie.

Para el observador, todo ocurre como si el pez estuviese en la posición A'. Se puede calcular la posición de la imagen mediante la fórmula:

$$\frac{n_{observador}}{n_{objeto}} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{n_{aire}}{n_{agua}} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{p'}{2,8} \Rightarrow p' = 2,1m$$

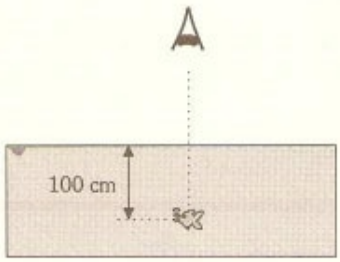
b) La elevación aparente x está dada por:

$$x = p - p' \Rightarrow x = 2,8 - 2,1 \Rightarrow x = 0,7m$$

Respuesta: a) 2,1m b) 0,7m

PROBLEMAS PROPUESTOS

655 Un pez se encuentra a 100cm de la superficie del agua, en la misma vertical que pasa por el ojo del observador, como se muestra en la figura.



El índice de refracción del agua es $\frac{4}{3}$.

a) Calcule la posición de la imagen del pez conjugada por el dioptrio agua-aire.

b) Determine la elevación aparente del pez.

656 Un helicóptero H está a 120m del nivel del mar. Determine la altura aparente del helicóptero observado por un buzo colocado dentro del agua. Siendo: $n_{\text{agua del mar}} = \frac{3}{2}$.

657 Un avión sobrevuela la superficie del mar calmo a una altura x. En cierto instante un buzo ve el avión aparentemente a 200m de la superficie del agua. Sabiendo que el índice de refracción absoluto del agua del mar es $\frac{3}{2}$, calcule x.

658 Una moneda está situada en el fondo de un río. Cuando la ve una persona colocada en la orilla, la moneda experimenta una elevación aparente de 2m. Sabiendo que el índice de refracción absoluto del agua es $\frac{4}{3}$, calcule:

a) la profundidad aparente de la moneda;

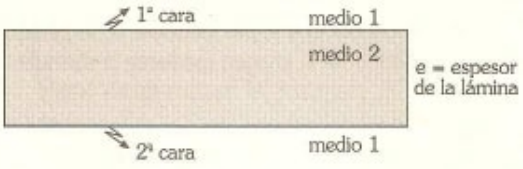
b) la profundidad del río.

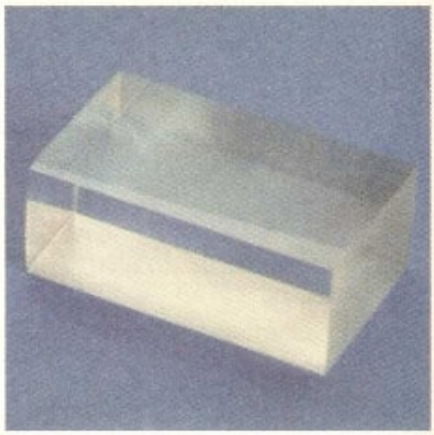
7 Lámina de caras paralelas

a) Definición

Es un medio transparente limitado por caras planas y paralelas.

Como ejemplos, se tienen: los vidrios de ventanas y las láminas de microscopio.



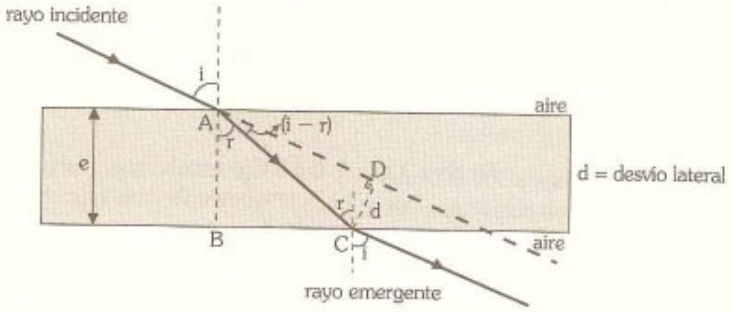


Thales Trigo/FTD

Subido por Leazeel

b) Trayectoria del rayo luminoso

La figura representa una lámina sumergida en el aire y la trayectoria de un rayo de luz que atraviesa la lámina.



Cuando los medios externos son iguales, el rayo incidente es paralelo al rayo emergente, es decir, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de emergencia.

Para el cálculo del desvío lateral, se tiene:

$$\Delta ADC \Rightarrow \operatorname{sen}(i - r) = \frac{d}{AC} \Rightarrow AC = \frac{d}{\operatorname{sen}(i - r)} \quad (1)$$

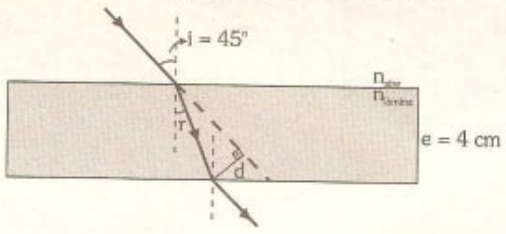
$$\Delta ABC \Rightarrow \cos r = \frac{e}{AC} \Rightarrow AC = \frac{e}{\cos r} \quad (2)$$

Haciendo (1) = (2), se tiene: $\dfrac{d}{\operatorname{sen}(i - r)} = \dfrac{e}{\cos r} \Rightarrow$ $\boxed{d = \dfrac{e \cdot \operatorname{sen}(i - r)}{\cos r}}$

Problema de aplicación

Una lámina de caras paralelas, de 4cm de espesor, está constituida de un material de índice de refracción $\sqrt{2}$. Un rayo de luz, propagándose en el aire, incide en la lámina formando un ángulo de 45° con la normal. Calcule el desvío lateral sufrido por el rayo de luz incidente.

Solución:



• Cálculo de r:

$$n_{aire} \operatorname{sen} i = n_{lámina} \cdot \operatorname{sen} r \Rightarrow n_{aire} \operatorname{sen} 45^\circ = n_{lámina} \cdot \operatorname{sen} r \Rightarrow 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \cdot \operatorname{sen} r$$

$$\operatorname{sen} r = \frac{1}{2} \Rightarrow r = 30^\circ$$

• Cálculo del desvío:

$$d = e \frac{\operatorname{sen}(i - r)}{\cos r} = \frac{4 \cdot \operatorname{sen}(45^\circ - 30^\circ)}{\cos 30^\circ} = \frac{4 \cdot \operatorname{sen} 15^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{4 \cdot 0{,}26}{0{,}87} \simeq 1{,}19\text{cm}$$

Respuesta: ≃ 1,19cm

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

659 Un rayo de luz monocromática incide, formando un ángulo de 60° con la normal, en una lámina de caras paralelas de 6cm de espesor. Sabiendo que la lámina está sumergida en el aire y el índice de refracción absoluto del material de que está hecho es $\sqrt{3}$, determine el desvío lateral del rayo de luz incidente.

660 Un haz luminoso se propaga a 300 000km/s y alcanza un bloque de cierto material transparente cuyo índice de refracción es 2.

a) Grafique el rayo incidente, el refractado y el emergente, suponiendo que el rayo incidente forme un ángulo de 60° con la normal a una de las caras del bloque.

b) ¿Cuál es la velocidad del haz al atravesar el interior del bloque?

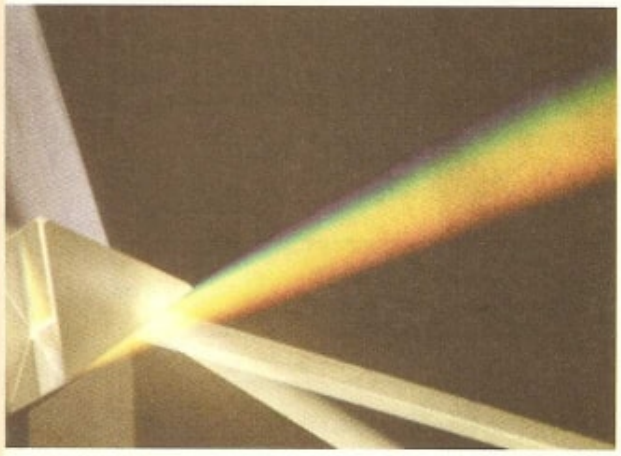
661 Un rayo de luz incide sobre una lámina de índice de refracción absoluto $\sqrt{2}$ con un ángulo de incidencia de 45°. La lámina está sumergida en el aire. Sabiendo que el desvío lateral del rayo incidente es de 2,6 $\sqrt{3}$cm, calcule el espesor de la lámina. Siendo sen 15° = 0,26 y cos 30° = $\frac{\sqrt{3}}{2}$.

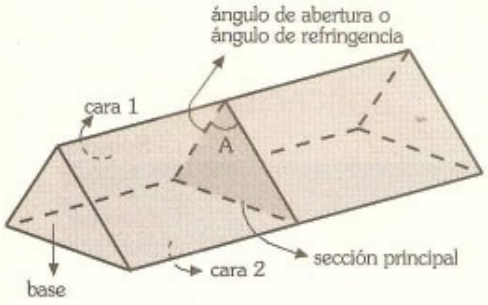
662 Construya la imagen del punto objeto A observado a través del vidrio indicado en la figura.

8 Prismas

a) Definición

Se denomina prisma óptico a todo medio homogéneo y transparente limitado por dos caras planas no paralelas.

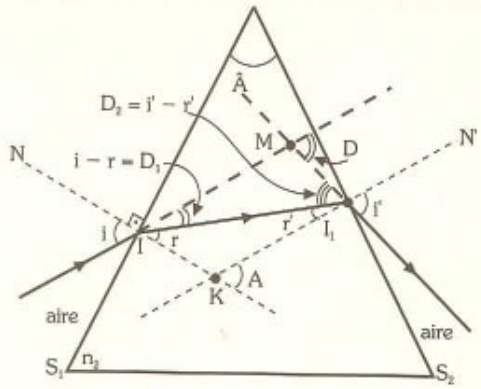




b) Trayectoria del rayo luminoso

La figura representa un prisma óptico, dado por su sección transversal, sumergido en el aire, y la trayectoria de un rayo de luz que lo atraviesa.

Subido por Leazeel



Donde:

i = ángulo de incidencia en la 1ª cara;
r = ángulo de refracción en la 1ª cara;
r' = ángulo de incidencia en la 2ª cara;
i'= ángulo de refracción en la 2ª cara o ángulo de emergencia;
D_1 = desvío angular en la 1ª cara;
D_2 = desvío angular en la 2ª cara;
D = desvío angular total;
A = ángulo de abertura o ángulo de refringencia.

Como en un triángulo el ángulo externo es igual a la suma de los ángulos internos no adyacentes, se tiene:

$\Delta IKI_1 \Rightarrow$ $\boxed{A = r + r'}$ $\Delta IMI_1 \Rightarrow D = D_1 + D_2$

$D = (i - r) + (i' - r')$

$D = i + i' - (r + r')$

$\boxed{D = i + i' - A}$

Problema de Aplicación

Un rayo de luz incide en un prisma sumergido en el aire bajo un ángulo de incidencia de 45°. El prisma tiene ángulo de refringencia de 60° e índice de refracción absoluto $\sqrt{2}$.

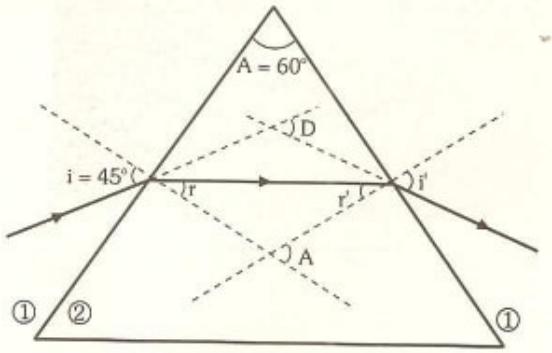
a) Calcule el ángulo de refracción en la 1ª cara.

b) Calcule el ángulo de refracción en la 2ª cara.

c) Determine el desvío angular total sufrido por el rayo luminoso al atravesar el prisma.

Solución:

a) Esquema



• Cálculo de r:

$$n_1 \cdot \text{sen } 45^\circ = n_2 \cdot \text{sen } r \Rightarrow 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}\,\text{sen } r \Rightarrow \text{sen } r = \frac{1}{2} \Rightarrow r = 30^\circ$$

Subido por Leazeel

b) Cálculo de r':

$A = r + r' \Rightarrow 60 = 30^\circ + r' \Rightarrow r' = 30^\circ$

• Cálculo de i':

$n_2 \cdot \text{sen } r' = n_1 \cdot \text{sen } i' \Rightarrow$

$\sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} = 1 \text{ sen } i' \Rightarrow \text{sen } i' = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i' = 45^\circ$

c) $D = i + i' - A \Rightarrow D = 45^\circ + 45^\circ - 60^\circ \Rightarrow D = 30^\circ$

Cuando el ángulo de incidencia (i) es igual al ángulo de emergencia (i'), se tiene también que r = r'. En este caso el desvío angular total asume el menor valor posible y es llamado desviación mínima.

Respuesta: a) 30° b) 45° c) 30°

PROBLEMAS PROPUESTOS

663 Un prisma de vidrio tiene índice de refracción $\sqrt{2}$ y ángulo de refringencia igual a 75°. Un rayo de luz monocromática, propagándose en el aire, incide en una de las caras del prisma bajo un ángulo de 45° con la normal. Determine:

a) el ángulo de refracción en la 1ª cara;

b) el desvío angular en la 1ª cara;

c) el ángulo de incidencia en la 2ª cara;

d) el ángulo de refracción en la 2ª cara;

e) el desvío angular en la 2ª cara;

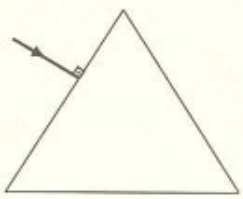
f) el desvío angular total.

664 Un rayo de luz incide, bajo un ángulo de 60°, en una de las caras de un prisma de ángulo de refringencia de 60°. El prisma está sumergido en el aire y tiene índice de refracción absoluto $\sqrt{3}$. Determine:

a) el ángulo de emergencia;

b) el desvío angular total.

665 El prisma de la figura tiene índice de refracción $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ y está sumergido en el aire.

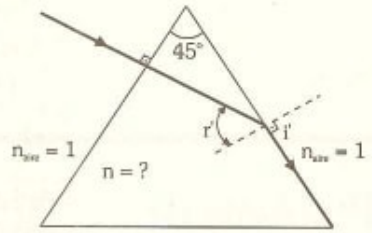


Sabiendo que el ángulo de emergencia del rayo luminoso es de 60°, calcule:

a) el ángulo de refringencia del prisma;

b) el desvío angular total.

666 Considere el prisma de la figura.



Determine r' y n.

667 La desviación mínima sufrida por un rayo de luz al atravesar un prisma es 30°. El ángulo de abertura del prisma es 90° y él está sumergido en el aire. Determine:

a) el ángulo de incidencia en la 1ª cara;

b) el índice de refracción del prisma.

Subido por Leazeel

9 Fenómenos que ocurren por refracción o reflexión

a) Dispersión luminosa

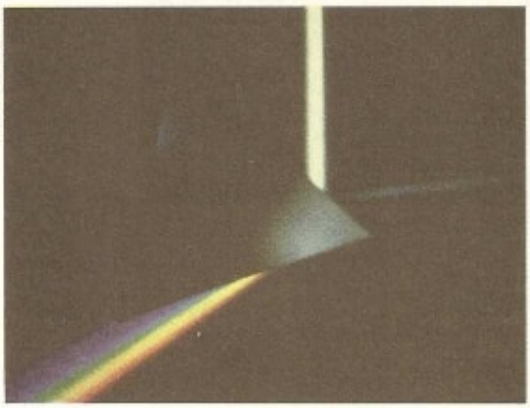
El prisma puede ser utilizado para lograr la descomposición de la luz blanca.

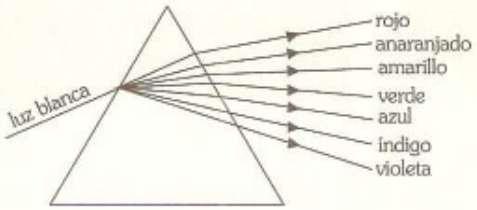
Al hacer incidir un haz de luz blanca sobre un prisma, ella se descompone en varios componentes, conforme indica la figura.

Esta experiencia muestra que la luz blanca está compuesta por siete componentes coloridos, es decir, es policromática. A este fenómeno se le da el nombre de *dispersión luminosa*.

Observando el fenómeno de la dispersión luminosa, se verifica que el componente que más se desvía es el violeta y el que menos se desvía es el rojo.

Nelson Toledo/FTD

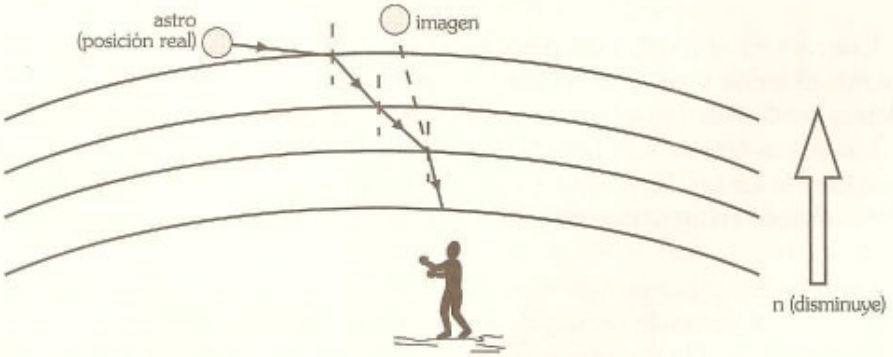




b) Altura aparente de los astros

La atmósfera está formada por capas de aire de densidades diferentes.

El índice de refracción de esas capas de aire disminuye con el aumento de la altura.



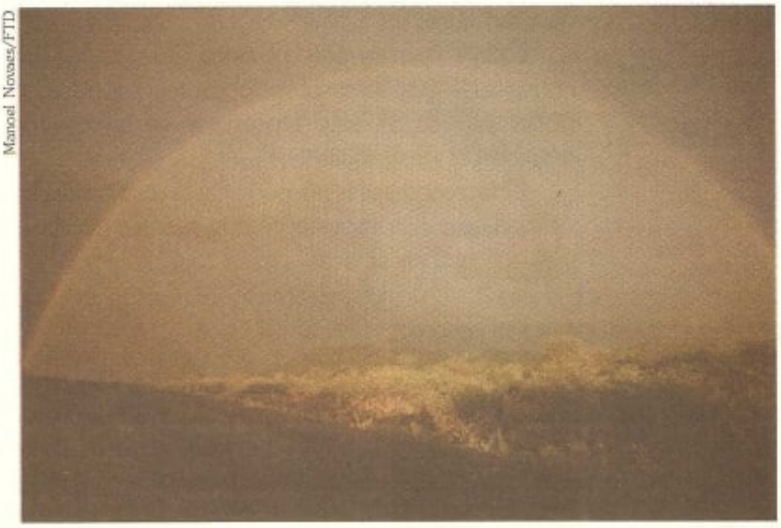
Un rayo de luz proveniente del astro sufre sucesivas refracciones en las capas de aire, aproximándose a la normal, y su imagen se presenta en una posición más elevada.

Subido por Leazeel

c) Arco iris

El arco iris proviene de la refracción y posterior reflexión de la luz solar, cuando ella atraviesa gotas de lluvia.

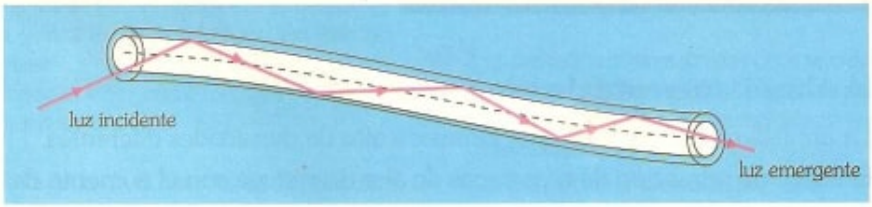
El rayo de luz solar, al penetrar en una gota, se refracta, ocurriendo la dispersión de la luz y posterior reflexión.



Manoel Novaes/FTD

d) Fibra óptica

El fenómeno de reflexión total permite hacer que la luz siga una trayectoria curva en una guía (un tubo) de cualquier forma.



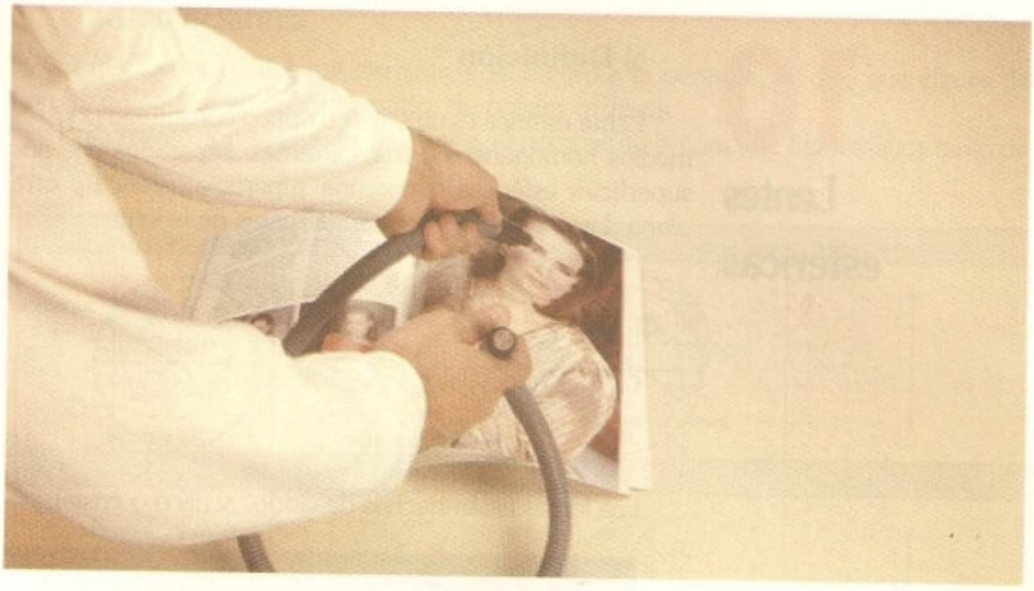
Una vez en el interior del tubo, la luz chocará contra las paredes con un ángulo superior al límite y se verá capturada siguiendo todas sus curvas, es decir, la luz es reflejada totalmente por el contorno muchas veces, hasta salir del otro extremo.

Las fibras ópticas son hilos transparentes, muy delgados y flexibles, capaces de "canalizar" la luz sin demasiadas pérdidas. De ellas son conocidas las de nailon o las de vidrio entubado en agujas largas y finas, y se usan generalmente agrupadas en pequeños haces.

Entre las aplicaciones más significativas se puede citar su empleo en el área de la medicina, para transmitir un haz de *rayo láser* en la cirugía de los ojos.

Utilizando las fibras ópticas se pueden reproducir, en el terminal opuesto al de entrada, imágenes de diseños o de cosas, permitiendo la exploración y el control de zonas de un ambiente inacesible a la observación directa.

Subido por Leazeel

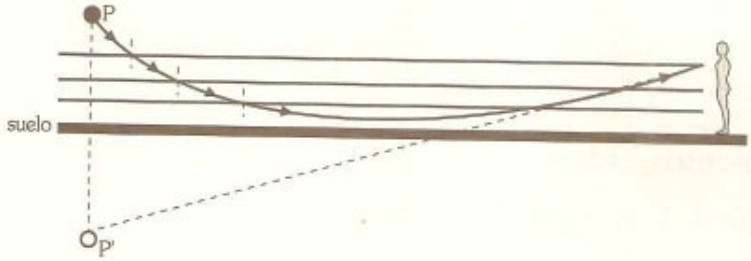


e) Espejismo

La densidad y el índice de refracción *disminuyen* con el aumento de la temperatura.

En días calurosos, las capas de aire en las proximidades del suelo son más calientes que las capas superiores.

Por lo tanto, los rayos luminosos provenientes de puntos elevados atraviesan capas de aire de índice de refracción cada vez menores, alejándose de las normales.



La incidencia alcanza el ángulo límite y hay *reflexión total*. Un observador que recibe los rayos refractados ve el punto P en el simétrico P' y la imagen invertida.

Como el observador ve el objeto y la imagen al mismo tiempo, él tiene la idea de que existe agua en el suelo reflejando la luz.

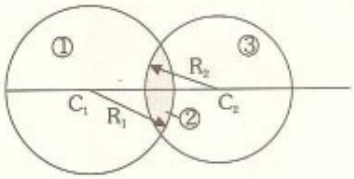
Este fenómeno es muy común en los desiertos y explica, también, por qué, en días calurosos, en las carreteras, se tiene la impresión de que ella se halla mojada.

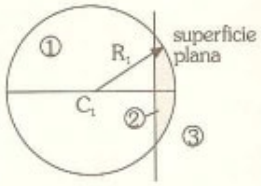
Subido por Leazeel

10 Lentes esféricas

a) Definición

Lente esférica es un sistema óptico constituido por tres medios homogéneos y transparentes, separados por dos superficies esféricas o por una superficie esférica y otra plana. Las superficies forman las caras de la lente.





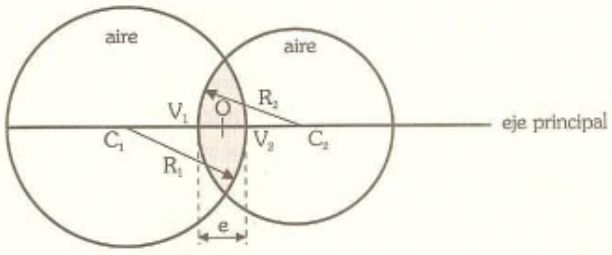
Las lentes están hechas de vidrio, acrílico o cristal.

Thales Trigo/FTD

Durante el desarrollo de este curso se considerarán los medios externos iguales (generalmente el aire).

b) Elementos geométricos

Considerando la lente indicada en la figura.



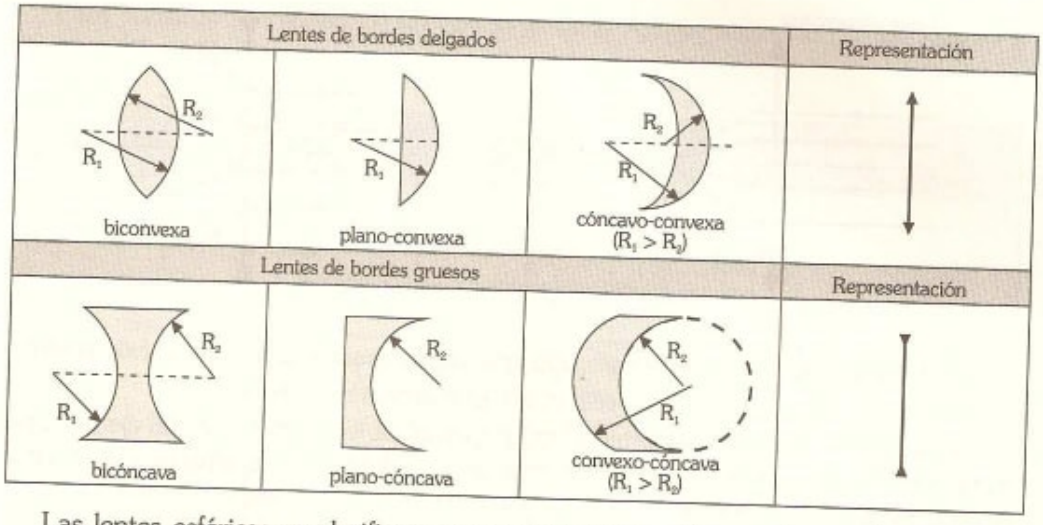
C_1 y C_2 = centros de curvatura de las caras de la lente
R_1 y R_2 = radios de curvatura de las caras de la lente
recta C_1 C_2 = eje principal
V_1 y V_2 = vértices de las caras
e = espesor de la lente
O = centro óptico de la lente

Subido por Leazeel

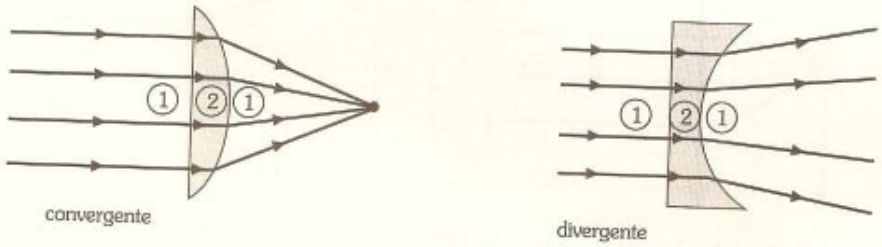
c) Nomenclatura

Si el espesor de la lente disminuye del centro a la periferia, se dice que ella es de *bordes delgados*; en caso contrario, de *bordes gruesos*.

Por convención se cita, inicialmente, el nombre de la cara que tiene mayor radio de curvatura.



Las lentes esféricas se clasifican en *convergentes* o *divergentes* conforme a los rayos incidentes paralelos que la atraviesan tiendan a juntarse o separarse.



Si el material de que está hecha la lente es más refringente que el medio donde ella está sumergida, se tiene:

- lente de bordes delgados ⇒ convergente;
- lente de bordes gruesos ⇒ divergente.

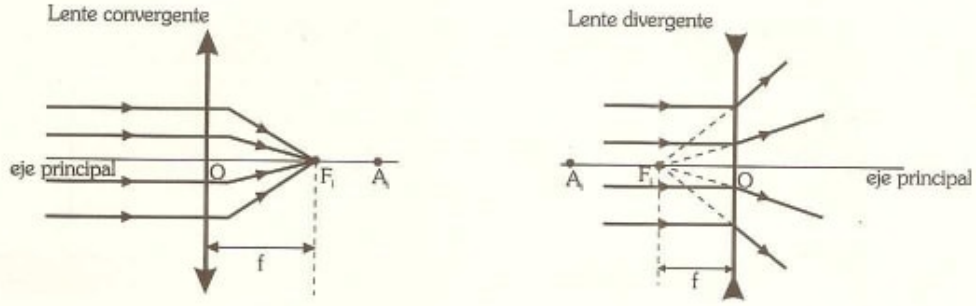
Para que las lentes proporcionen imágenes nítidas, deben reunir o satisfacer las siguientes condiciones de Gauss:

- espesor despreciable, es decir, lentes delgadas;
- rayos de luz próximos al eje principal y poco inclinados.

Subido por Leazeel

d) Focos de una lente

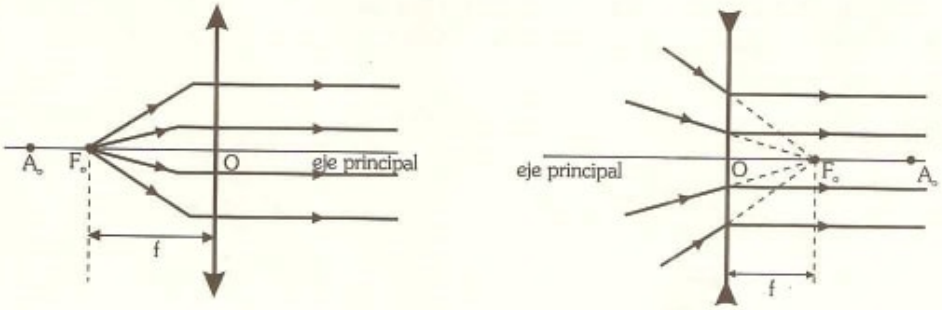
Si un haz luminoso incide en una lente paralelamente al eje principal, él se refracta convergiendo a un punto F_i o divergiendo de un punto F_i del eje principal, denominado *foco principal imagen* de la lente.



La distancia de F_i hasta el centro óptico se denomina *distancia focal* f de la lente.

En la lente convergente, F_i es real y, en la divergente es virtual.

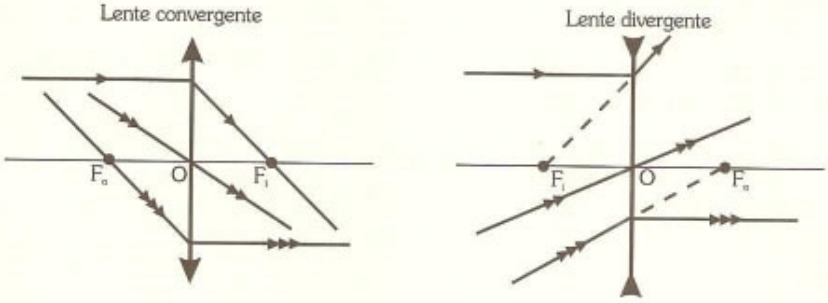
De la misma forma, se denomina *foco principal objeto* el punto F_o del eje principal en donde los rayos luminosos provenientes de él o dirigidos a él emergen de la lente paralelamente al eje principal.



Existen aún los puntos A_o y A_i del eje principal, cuyas distancias en relación a la lente son iguales al doble de la distancia focal, donde A_o es el punto *antiprincipal objeto* y A_i es el punto *antiprincipal imagen*.

e) Rayos notables

Las siguientes figuras representan la trayectoria de tres rayos notables.

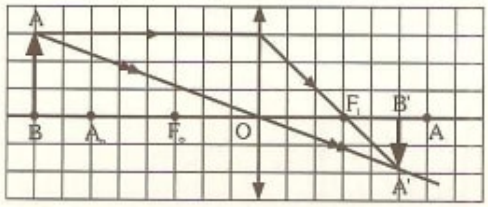
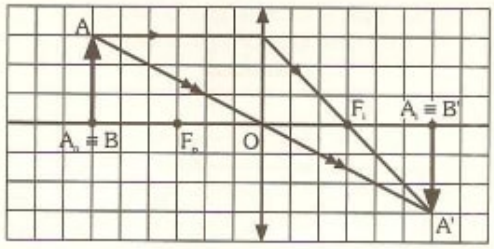
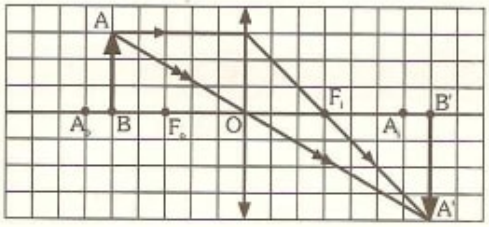


Subido por Leazeel

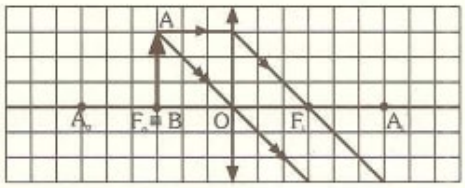
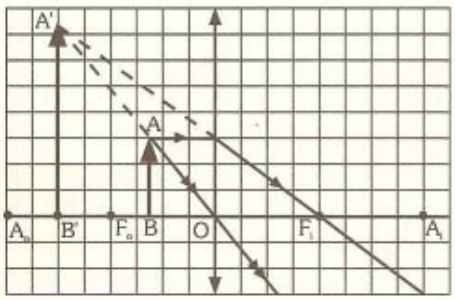
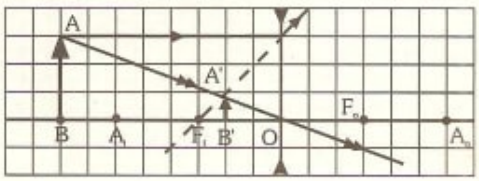
- Si un rayo de luz incide paralelamente al eje principal, emerge pasando por F_1.
- Si un rayo de luz incide pasando por O, emerge sin sufrir desviación.
- Si un rayo de luz incide pasando por F_o, emerge paralelamente al eje principal.

f) Construcción de imágenes

Para construir la imagen de un objeto extenso AB, se utilizarán dos de los rayos notables del punto anterior.

Lente convergente	Figura	Características de A'B'
Objeto más alejado de A_o		Real Invertida Menor
Objeto sobre A_o		Real Invertida Igual
Objeto entre A_o y F_o		Real Invertida Mayor

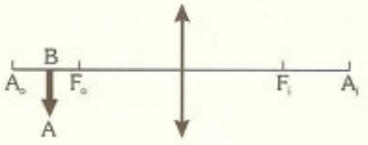
Subido por Leazeel

Lente convergente	Figura	Características de A'B'
Objeto sobre F_o	 Las lentes de los faros y linternas son aplicaciones de este caso.	Impropia
Objeto entre F_o y O	 La lupa, el microscopio, el binóculo y el telescopio son aplicaciones de este caso.	Virtual Derecha Mayor
En una lente divergente cualquier sea la posición del objeto en relación a la lente, las características de la imagen A'B' son siempre iguales.		Virtual Derecha Menor

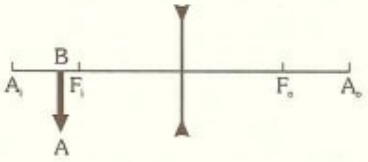
PROBLEMAS PROPUESTOS

668 En cada caso, construya la imagen del objeto AB:

a)



b)



669 En las figuras, se representan el eje principal de una lente, a un objeto AB y a su imagen A'B' conjugada por la lente.

I)

II)

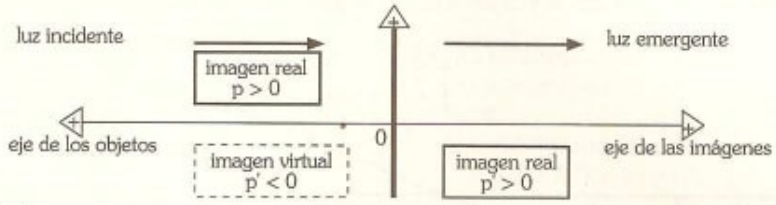
a) Localice, geométricamente, el centro óptico de cada lente.

b) Represente la lente citada, identificándola.

Subido por Leazeel

g) Convención de signos (Convención de Gauss)

Se halla constituída por un par de ejes ortogonales con origen en el centro óptico de la lente.



El eje de abscisas es el propio eje principal.

Orientación del eje de abscisas $\begin{cases} \text{eje de los objetos: contrario a la luz incidente} \\ \text{eje de las imágenes: el mismo de la luz emergente} \end{cases}$

El eje de las ordenadas tiene origen en el centro óptico de la lente, es perpendicular al eje principal y tiene sentido de abajo hacia arriba.

De acuerdo con esa convención, se tiene:

$$\text{lente convergente} \Rightarrow f > 0$$
$$\text{lente divergente} \Rightarrow f < 0$$

h) Ecuaciones de las lentes esféricas

Las ecuaciones son las mismas que las de los espejos esféricos.
De ahí, se tiene:

- Ecuación de Gauss $\Rightarrow$ $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{p} + \dfrac{1}{p'}$

- Ecuación del aumento lineal transversal $\Rightarrow$ $A = \dfrac{i}{o} = \dfrac{-p'}{p}$

Problemas de Aplicación

1 Una lente convergente que funciona como lupa tiene 10cm de distancia focal. Un observador ve la imagen de un objeto colocado a 8cm de la lente. Determine el aumento lineal transversal.

Solución:

Datos $\begin{cases} f = 10\text{cm} \\ p = 8\text{cm} \end{cases}$

- Cálculo de p':

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{1}{8} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = -40\text{ cm}$$

- Cálculo de A:

$$A = \frac{-p'}{p} \Rightarrow A = \frac{40}{8} = 5$$

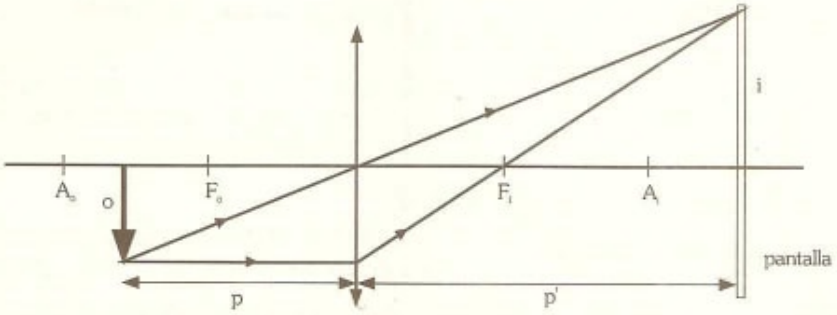
Respuesta: 5

Subido por Leazeel

2 El objetivo de un proyector cinematográfico es una lente convergente de 10cm de distancia focal. Para que sea posible una ampliación de 200 veces, determine la longitud de la sala de proyección.

Solución:

Para que se pueda proyectar la imagen sobre la pantalla, la lente debe ser convergente.



Observe que la longitud de la sala de proyección es igual a p'.

$$\text{Datos} \begin{cases} A = -200 \\ f = 10\text{cm} \end{cases}$$

$$A = \frac{-p'}{p} \Rightarrow -200 = \frac{-p'}{p} \Rightarrow p' = 200p \quad (1)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{1}{p} + \frac{1}{200p} \Rightarrow p = \frac{2\,010}{200}\ \text{cm} \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1), se tiene:

$p' = 200\,p \Rightarrow p' = 2\,010\text{cm} \Rightarrow p' \simeq 20\text{m}$

Respuesta: $\simeq 20$m

PROBLEMAS PROPUESTOS

670 Un objeto de 10cm de altura se coloca a la distancia x delante de una lente convergente de 18cm de distancia focal. Calcule el tamaño de la imagen y el aumento lineal transversal en los siguientes casos:

a) x = 90cm;

b) x = 36cm;

c) x = 9cm.

671 Una lente convergente tiene 6cm de distancia focal. Un objeto luminoso, de 4cm de altura, se coloca perpendicularmente al eje óptico y a 9cm de la lente. Calcule la posición y la altura de la imagen.

672 Un objeto luminoso de 8cm de altura está colocado a 20cm de una lente divergente de 30cm de distancia focal. Determine las características (posición, tamaño, naturaleza) de la imagen.

673 Una lente delgada de 20cm de distancia focal conjuga, en una pantalla, una imagen 4 veces mayor que el objeto. Determine:

a) el tipo de lente utilizado;

b) la posición de la imagen en relación a la lente.

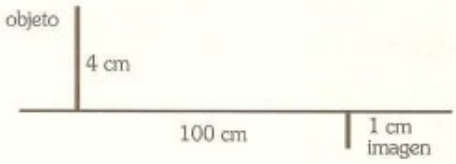
674 Un objeto lineal real está colocado perpendicularmente al eje principal de una lente convergente y a una distancia de 8cm de ella. La imagen virtual formada es tres veces mayor que el objeto. ¿Cuál es la distancia focal de la lente?

675 Una lente delgada convergente conjuga a un objeto real, situado a 60cm de ella, una imagen real igual a $\frac{1}{3}$ del tamaño del objeto. Determine la abscisa de la imagen.

Subido por Leazeel

676 Una lente convergente proporciona de un objeto real una imagen cinco veces mayor, proyectada en una pantalla situada a 3m del objeto.
a) ¿Cuál es la posición de la imagen?
b) ¿Cuál es la distancia focal de la lente?

677 Un sistema de lentes produce una imagen real de un objeto, conforme indica la figura. Calcule la distancia focal y localice la posición de una lente delgada que produzca el mismo efecto.

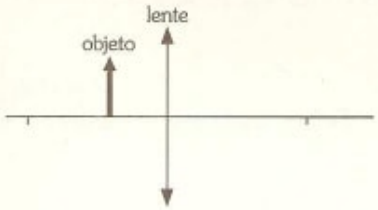


678 Un objeto de 20cm de altura está a 25cm a la izquierda de una lente convergente de 10cm de distancia focal. Una segunda lente, también convergente, de 15cm de distancia focal, está a 30cm a la derecha de la primera lente. La imagen formada por la primera lente hace el papel de objeto para la segunda.
a) ¿Cuál es la posición de la imagen final?
b) ¿Cuál es el tamaño de la imagen final?

679 Una cámara fotográfica, con una lente de 5cm de distancia focal, es utilizada para fotografiar un objeto de 8m de altura.
a) ¿Cuál es la distancia del objeto a la lente para que el tamaño de la imagen en la película sea 2cm?
b) Dé las características de la imagen formada en la película.

680 Una cámara fotográfica debe producir sobre la película la imagen de un objeto real situado a 30cm de la lente. Esta imagen debe ser cinco veces menor que el objeto.
a) Diga el tipo de lente que se debe emplear.
b) Determine a qué distancia debe estar la película.
c) Halle la distancia focal de la lente.

681 Una lente delgada, cuya distancia focal es f = 20cm, se utiliza como lupa. Se coloca un objeto a 4cm de la lente.
a) Construya un esbozo de la imagen obtenida con el siguiente sistema óptico.



b) Determine la posición y la naturaleza de la imagen.

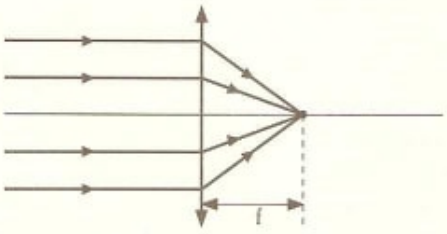
682 Una lente convergente de 20cm de distancia focal se utiliza como lente de aumento (lupa). Para obtener un aumento lineal transversal igual a 4, determine a qué distancia del objeto se debe colocar la lupa.

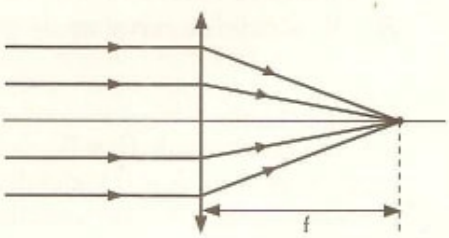
683 Un proyector de diapositivas posee una lente de 10cm de distancia focal. Al focalizar la imagen, la diapositiva se ubica a 10,4cm de la lente.
a) Haga un esquema que represente el objeto, la lente y la imagen formada.
b) ¿Cuál es la distancia de la pantalla a la lente?

684 ¿Cuál es el tamaño de la imagen formada en la retina de un ojo humano que observa una mosca en una pared a 3m de distancia? Siendo dimensión de la mosca = 3mm; distancia de la pupila a la retina = 0,02m.

i) Convergencia de una lente

Considerando las lentes de las figuras.





Subido por Leazeel

Se observa que la lente que tiene menor distancia focal es más convergente que la lente de mayor distancia focal, es decir, los rayos de luz convergen más después de atravesarla.

Para caracterizar el poder de convergencia de una lente, se define:

La *convergencia* de una lente es la inversa de su distancia focal.

$$C = \frac{1}{f}$$

Donde: C = convergencia
f = distancia focal

Si f se mide en metros, C se mide en:

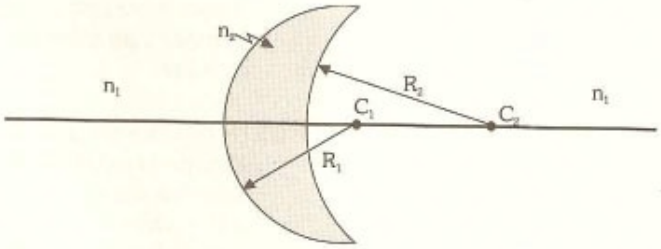
$$\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptría} = \text{di}$$

Si f se mide en centímetros, C se mide en:

$$\frac{1}{cm} = cm^{-1}$$

j) Fórmula de los fabricantes de lentes

Considerando la lente de la figura:



Para determinar la distancia focal de una lente, los fabricantes utilizan la fórmula del astrónomo y matemático inglés Edmond Halley.

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Donde:

f = distancia focal de la lente;

n_1 = índice de refracción del medio exterior;

n_2 = índice de refracción de la lente;

R_1 y R_2 = radio de curvatura de las caras.

Observaciones:

1ª) Para los signos de R_1 y R_2, se adopta la convención:
cara cóncava: $R < 0$ (radio de curvatura negativo)
cara convexa: $R > 0$ (radio de curvatura positivo)

Subido por Leazeel

2ª) Si una de las caras es plana, $\frac{1}{R_2}$ tiende a cero. Luego:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \cdot \frac{1}{R_1}$$

Problema de Aplicación

Una lente convexo-cóncava tiene 60cm y 20cm de radios de curvatura respectivamente. El índice de refracción de la lente es 1,5. Sabiendo que se halla en el aire, calcule:
a) la distancia focal de la lente;
b) la convergencia, en dioptrías, de la lente.

Solución:

Datos $\begin{cases} R_1 = 60\text{cm (convexa)} \\ R_2 = -20\text{cm (cóncava)} \\ n_2 = 1{,}5 \\ n_1 = 1 \end{cases}$

a) $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \Rightarrow \frac{1}{f} = \left(\frac{1{,}5}{1} - 1\right)\left(\frac{1}{60} - \frac{1}{20}\right)$

$f = -60\text{cm}$

b) $f = -60\text{cm} = -0{,}6\text{m}$

$C = \frac{1}{f} \Rightarrow C = -\frac{1}{0{,}6} \Rightarrow C = -\frac{5}{3}\ \text{di}$

Respuesta: a) -60cm b) $-\frac{5}{3}\ \text{di}$

PROBLEMAS PROPUESTOS

685 Determine en dioptrías la convergencia de las siguientes lentes:
a) convergente de distancia focal 80cm;
b) divergente de distancia focal 10cm.

686 Una lente cóncavo-convexa tiene radios iguales a 40cm y 20cm, respectivamente. El índice de refracción de la lente es igual a 2. Sabiendo que ella está sumergida en el aire, calcule su convergencia.

687 Halle la distancia focal de una lente plano-convexa, de índice de refracción absoluto igual a 1,2 y radio de la cara convexa igual a 50cm, cuando está en el aire.

688 Una lente convergente de 4di, en el aire, biconvexa, tiene radios de curvatura $R_1 = R_2 = 30\text{cm}$. Determine el índice de refracción del vidrio de esa lente.

689 Una vela se encuentra a una distancia de 30cm de una lente plano-convexa que proyecta una imagen nítida de su llama en una pared a 1,2m de distancia de la lente. ¿Cuál es el radio de curvatura de la parte curva de la lente si su índice de refracción es 1,5?

690 Por medio de un proyector se obtiene una imagen con aumento lineal transversal igual a 20. La distancia del proyector a la pantalla es 5,25m. Determine en dioptrías la convergencia de la lente del proyector.

691 Suponga que Ud. tiene en las manos dos lentes del mismo diámetro y hechos con el mismo tipo de vidrio: una plano-convexa (convergente) y otra plano-cóncava (divergente). ¿Cómo se puede proceder para verificar, sin ayuda de instrumentos de medida, si la convergencia de una es igual, en módulo, a la divergencia de la otra?

Subido por Leazeel

Tests

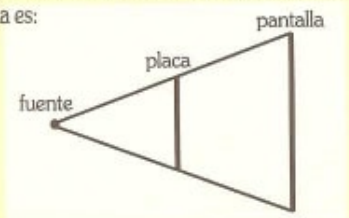
UNIDAD XI — Principios fundamentales

199 Un edificio proyecta en el suelo una sombra de 40m. En el mismo instante, un observador toma un asta vertical de 20cm y observa que su sombra mide 0,80m. La altura del edificio es de:

a) 4,0m c) 10m e) 40m
b) 8,0m d) 20m

200 Entre una fuente puntiforme y una pantalla se coloca una placa cuadrada de 30cm de lado, paralela a la pantalla. La fuente y el centro de la placa están en una misma recta perpendicular a la pantalla. La placa se halla a 1,5m de la fuente y a 3m de la pantalla. El área de la sombra proyectada es:

a) $81m^2$
b) $0,81dm^2$
c) $0,81cm^2$
d) $8\,100cm^2$
e) $8,1dm^2$



201 Una cámara oscura tiene 20cm de profundidad. ¿A qué distancia del orificio (de la cámara) una persona de 1,70m debe permanecer para que su imagen proyectada sea del orden de 10cm?

a) 1,0m b) 1,7m c) 2,0m d) 3,4m e) 4,2m

202 En un cuarto oscuro hay 3 cartones de colores (de pigmentos puros) diferentes. Iluminados con luz roja, se tiene la siguiente disposición de los colores: roja, negra, roja. Al iluminar con luz azul, la disposición de colores, en el mismo orden anterior, pasa a ser negra, azul y azul. Se puede decir que los cartones son, en este orden:

a) negro, negro y blanco.
b) rojo, azul y blanco.
c) azul, blanco y rojo.
d) blanco, azul y blanco.
e) blanco, rojo y blanco.

UNIDAD XII — Reflexión de la luz

203 Analice las proposiciones referentes a la reflexión de la luz.

I. La imagen conjugada de un objeto por un espejo plano es siempre simétrica del objeto en relación al plano del espejo.
II. Un espejo plano conjuga sólo imágenes virtuales.
III. Si un espejo plano sufre una traslación, la imagen de un determinado objeto permanece inmóvil.

a) Sólo I es correcta.
b) Sólo II es correcta.
c) Sólo III es correcta.
d) I y II son correctas.
e) II y III son correctas.

204 Dos espejos planos tienen una de sus aristas coincidentes de tal modo que ellos son perpendiculares al plano horizontal. De un objeto colocado entre los dos espejos se forman 17 imágenes. Se tiene entonces que el ángulo de los dos espejos podría ser igual a:

a) 12° b) 40° c) 20° d) 60° e) 90°

205 Un objeto está situado a 50cm de un espejo plano. Si el espejo se aleja 1m de la posición original, en una dirección normal a su plano, ¿qué distancia separará la antigua de la nueva imagen?

a) 200cm b) 150cm c) 100cm d) 50cm e) 300cm

Subido por Leazeel

206 Un conductor está en su automóvil estacionado cuando ve, por el espejo retrovisor, un camión del cuerpo de bomberos que se aproxima. Se sabe que la velocidad del camión es 80km/h. La velocidad con que su imagen se aproxima al espejo es:

a) 160km/h. b) 80km/h. c) 40km/h. d) 120km/h. e) 100km/h.

207 Un objeto real se coloca a 6cm de un espejo cóncavo de 9cm de radio de curvatura y sobre su eje principal. La imagen conjugada por el espejo es:

a) virtual, derecha y menor que el objeto.
b) real, invertida y mayor que el objeto.
c) real, invertida y menor que el objeto.
d) real, derecha y mayor que el objeto.
e) real, derecha y menor que el objeto.

208 La distancia focal de un espejo convexo mide 5cm. Una imagen virtual se ubica a 4cm del vértice del espejo correspondiente a un objeto:

a) real y situado a 20cm del espejo.
b) virtual y situado a 15cm del espejo.
c) virtual y situado a 6,66cm del espejo.
d) real y situado a 4cm del espejo.
e) virtual y situado a 4cm del espejo.

209 Un joven estudiante, para afeitarse eficientemente, resuelve comprar un espejo esférico que aumente dos veces la imagen de su rostro cuando él se coloca a 50cm del espejo. ¿Qué tipo de espejo debe utilizar y cuál es su radio de curvatura?

a) Convexo con r = 50cm.
b) Cóncavo con r = 200cm.
c) Cóncavo con r = 33,3cm.
d) Convexo con r = 67cm.
e) Un espejo diferente de los mencionados.

210 Se desea obtener la imagen de una lámpara, ampliada 5 veces sobre una pared a 12cm de esa lámpara. ¿Cuáles son las características y la posición del espejo esférico que se pueden utilizar?

a) Convexo, con 5 cm de radio, a 3 cm de la lámpara.
b) Cóncavo, con 5 cm de radio, a 3 cm de la lámpara.
c) Convexo, con 24 cm de radio, a 2 cm de la lámpara.
d) Cóncavo, con 6 cm de radio, a 4 cm de la lámpara.
e) Convexo, con 6 cm de radio, a 4 cm de la lámpara.

211 Dos espejos esféricos de 60cm de radio, uno cóncavo y otro convexo, son asociados coaxialmente con las superficies reflectoras enfrentadas. De un mismo objeto frontal situado entre los espejos, el cóncavo produce una imagen real a 40cm de distancia de su vértice y el convexo produce una imagen a 20cm de su vértice. En esta situación la distancia entre los espejos será:

a) 132cm b) 180cm c) 108cm d) 240cm e) 100cm

UNIDAD XIII — Refracción de la luz

212 Una sustancia posee un índice de refracción absoluto igual a 1,25. Siendo la velocidad de propagación de la luz en el vacío igual a $3 \cdot 10^8$m/s, se concluye que la velocidad de propagación de la luz en la sustancia es:

a) $2,0 \cdot 10^8$m/s. b) $2,4 \cdot 10^8$m/s. c) $2,8 \cdot 10^8$m/s. d) $3,2 \cdot 10^8$m/s. e) $3,6 \cdot 10^8$m/s.

213 La velocidad de la luz azul en el vidrio es dos veces menor que en el agua. Así, el índice de refracción de ese vidrio, para tal radiación, es:

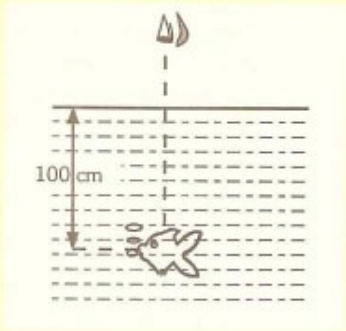
a) dos veces menor que el del agua.
b) cuatro veces menor que el del agua.
c) dos veces mayor que el del agua.
d) cuatro veces mayor que el del agua.
e) igual al del agua.

Subido por Leazeel

214 Un rayo de luz incide sobre la superficie de un bloque de material transparente bajo un ángulo de 60°. Siendo $n_{aire} = 1$, sen $30° = \frac{1}{2}$, sen $60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$. Suponiendo que el índice de refracción del material del que está constituído el bloque es $\sqrt{3}$, el ángulo formado entre el rayo reflejado y el rayo refractado es:

a) 120° b) 45° c) 75° d) 60° e) 90°

215 Un pez se encuentra a 100cm de la superficie del agua, en la misma vertical que pasa por el ojo del observador, como se indica en la figura. El índice de refracción del agua es $\frac{4}{3}$. Siendo $n_{aire} = 1$, la imagen del pez, conjugada por el dioptrio agua-aire y vista por el observador, es:



a) real, situada en el agua, a una profundidad de 75cm.

b) virtual, situada en el aire, a 20cm por encima de la superficie del agua.

c) virtual, situada en el agua, a la profundidad de 75cm.

d) real, situada en el agua, a la profundidad de $\frac{4}{3}$ m.

216 Un pájaro vuela en línea recta y a baja altura sobre una piscina en cuyo fondo se encuentra una piedra. Se puede afirmar que:

a) con la piscina llena el pájaro podrá ver la piedra durante un intervalo de tiempo mayor del que si la piscina estuviese vacía.

b) con la piscina llena o vacía el pájaro podrá ver la piedra durante el mismo intervalo de tiempo.

c) el pájaro solamente podrá ver la piedra mientras estuviere volando sobre la superficie del agua.

d) el pájaro, al pasar sobre la piscina, verá la piedra en una posición más profunda que aquella en que ella realmente se encuentra.

e) el pájaro nunca podrá ver la piedra.

217 Un rayo de luz incide bajo un ángulo de 30° en un dioptrio sólido-aire, en este orden, emergiendo rasante a ella. Si sen $30° = \frac{1}{2}$, cos $30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$ y $n_{aire} = 1$, se puede afirmar que el índice de refracción del sólido es:

a) $\sqrt{3}$ b) $\sqrt{2}$ c) $\frac{1}{2}$ d) 2 e) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

218 Un rayo luminoso alcanza una cara de un prisma con ángulo de incidencia igual a 45°. Si el prisma tuviese un índice de refracción igual a $\sqrt{2}$ y un ángulo de refringencia de 75°, la desviación experimentada por los rayos luminosos será de:

a) 60° b) 45° c) 90° d) 30°

219 Un objeto real está colocado delante de una lente convergente que se halla en el aire. La imagen de ese objeto se forma en el lado opuesto de esa lente, en una posición cuya distancia a la lente es menor que la distancia del objeto a la lente.

En esa situación, la imagen formada es:

a) virtual, derecha y mayor que el objeto.

b) virtual, invertida y mayor que el objeto.

c) real, invertida y menor que el objeto.

d) real, derecha y menor que el objeto.

e) real, invertida y mayor que el objeto.

220 Un objeto se coloca sobre el eje principal a 30cm de una lente delgada esférica divergente de 30cm de distancia focal. En relación a la imagen obtenida, se puede afirmar que:

a) ella es virtual y menor que el objeto.

b) ella es virtual y mayor que el objeto.

c) ella es real y del mismo tamaño que el objeto.

d) ella es real y menor que el objeto.

e) no hay formación de imagen en esa situación.

Subido por Leazeel

221 La distancia entre un objeto de 10cm de altura y su imagen es 2cm de altura, conjugada por una lente convergente es 30cm. ¿Cuál es la distancia del objeto a la lente?

a) 15cm b) 17,5cm c) 20cm d) 22,5cm e) 25cm

222 La distancia entre un objeto y una pantalla es de 80cm. El objeto es iluminado y, por medio de una lente delgada, colocada adecuadamente entre el objeto y la pantalla, se obtiene una imagen nítida y 3 veces ampliada del objeto sobre la tela. Para que eso sea posible, la lente debe ser:

a) convergente, con distancia focal de 15cm, ubicada a 20cm del objeto.
b) convergente, con distancia focal de 20cm, ubicada a 20cm del objeto.
c) convergente, con distancia focal de 15cm, ubicada a 60cm del objeto.
d) divergente, con distancia focal de 15cm, ubicada a 60cm del objeto.
e) divergente, con distancia focal de 20cm, ubicada a 20cm del objeto.

223 A lo que se suele llamar "grados" de una lente se denomina, en Física, dioptría, que es la inversa de la distancia focal de una lente medida en metros. Así, una lente de 2 grados es, en rigor, una lente de 2 dioptrías, cuya distancia focal es de:

a) 10cm b) 20cm c) 30cm d) 40cm e) 50cm

224 Un objeto dista 60cm de una lente convergente y su imagen se forma a 30cm de la lente. La distancia focal y la convergencia valen, respectivamente:

a) 20cm y 10di b) 10cm y 7di c) 15cm y 8di d) 0,12m y 5di e) 0,2m y 5di

225 Un niño utiliza una lente convergente de 8 dioptrías para quemar un pedazo de papel por medio de la luz del Sol. Se puede afirmar que él coloca la lente a una distancia del papel, en cm, de:

a) 4,0 b) 8,0 c) 12,5 d) 16,0 e) 25,0

226 Una lente biconvexa posee radios de curvatura de 8cm y 7cm, que limitan un medio ordinario de índice de refracción relativo igual a 1,5. La distancia focal de la lente es aproximadamente:

a) 8,5cm b) 7,5cm c) 10,0cm d) 12,0cm e) 11,2cm

227 Una lente esférica de vidrio, cuyo índice de refracción es 1,5, tiene una cara plana y otra cóncava, con radio de curvatura igual a 50cm. Sabiendo que la lente se halla inmersa en el aire ($n_{aire} = 1$), se puede afirmar que su convergencia vale:

a) 1,0di b) –1,0di c) 2,0di d) –2,0di e) 2,5di

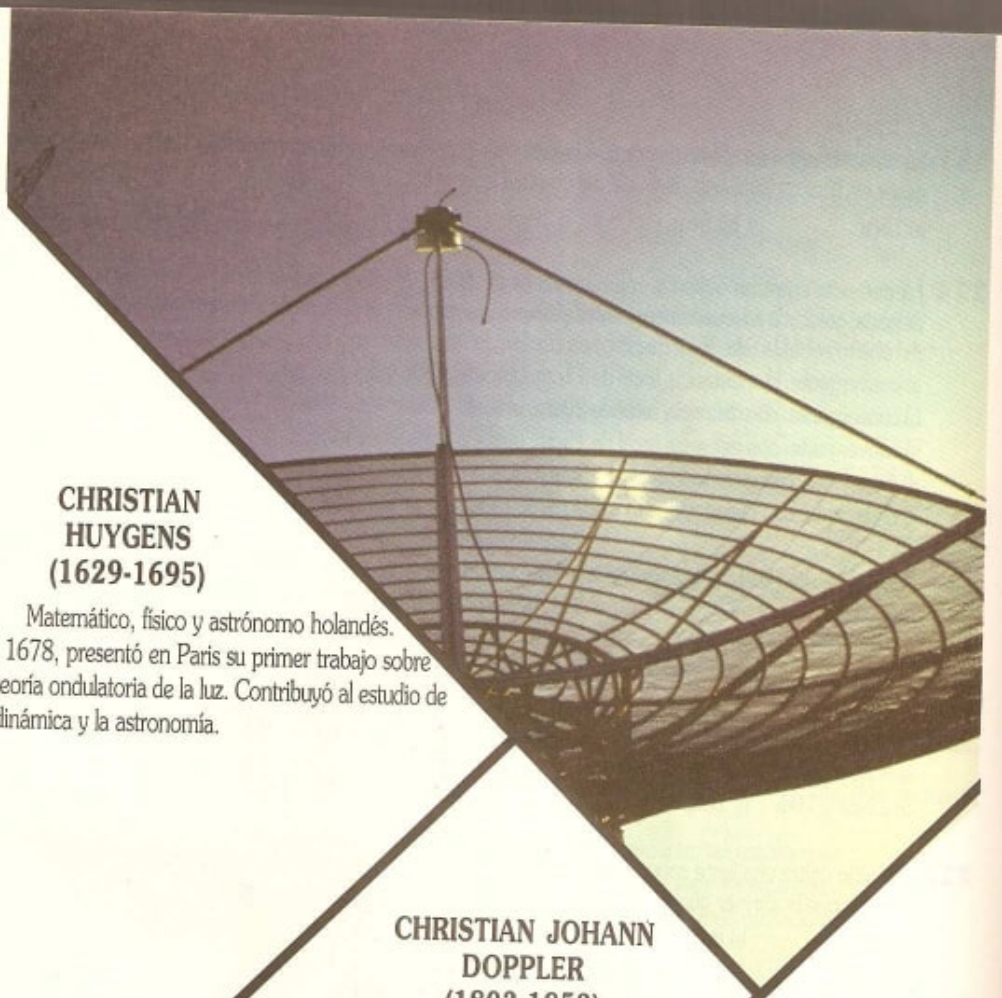
228 Un proyector de diapositivas de 40cm de distancia focal está situado a 2m de una pantalla. Al ser proyectadas, las diapositivas serán aumentadas:

a) 40 veces. b) 20 veces. c) 10 veces. d) 5 veces. e) 4 veces.

229 La lupa es un sistema convergente constituido por una lente. Utilizada correctamente en la observación de un pequeño objeto, ella proporciona una imagen conjugada:

a) real y derecha.
b) real e invertida.
c) virtual y derecha.
d) virtual e invertida.
e) impropia.

Subido por Leazeel



Marcel Novaes/FTD

CHRISTIAN HUYGENS (1629-1695)

Matemático, físico y astrónomo holandés. En 1678, presentó en Paris su primer trabajo sobre la teoría ondulatoria de la luz. Contribuyó al estudio de la dinámica y la astronomía.

CHRISTIAN JOHANN DOPPLER (1803-1853)

Físico y matemático austríaco, fue profesor de Física Experimental en la Universidad de Viena. Describió la variación aparente de la frecuencia de la onda, conocida como *efecto Doppler*.

Parte D

ONDULATORIA

CHRISTIAN HUYGENS

CHRISTIAN JOHANN DOPPLER

Subido por Leazeel

Unidad XIV
Ondas

1 Teoría, sus creadores, su práctica

El hombre siempre sintió curiosidad y fascinación por las ondas del mar.

El mundo está rodeado de ondas. Ondas mecánicas, sonoras, luminosas, ondas de radio, electromagnéticas, etc.

En la historia de la Física, grandes científicos se dedicaron al estudio de las ondas, entre ellos: Christian Huygens (1629-1695), Robert Hooke (1635-1703), Isaac Newton (1643-1727), Hertz (1857-1894), Guglielmo Marconi (1874-1937), Doppler (1803-1853).

Gracias a las ondas existen muchas de las maravillas del mundo moderno, como la televisión, la radio, las telecomunicaciones vía satélite, el radar, el horno de microondas, entre otras.

Thales Trigo/FTD

Subido por Leazeel

Se estudiará también la Acústica, que se ocupa del sonido y de los fenómenos sonoros.

Ingenieros especializados crean maneras de reducir los ruidos de fuentes como heladeras, lavarropas, automóviles, motores de embarcaciones, etc. Para bloquear el ruido se utilizan paredes gruesas, sin aberturas. Materiales porosos como, por ejemplo, alfombras, cortinas, cerámica acústica, absorben parte del sonido.

En la medicina, la Acústica es utilizada para medir el grado de audición y construir materiales de protección para el oído.

En arquitectura, en la construcción de salas, teatros, iglesias y auditorios, la Acústica sirve para eliminar ruidos excesivos y proporcionar a esos lugares condiciones óptimas de audición.

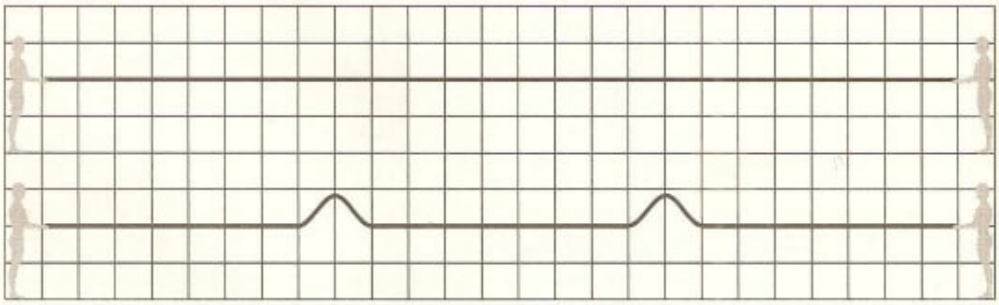
También los muebles y materiales de construcción y decoración deben ser escogidos convenientemente para evitar la reflexión de varios sonidos que se combinan y desaparecen lentamente.

2 Introducción

Una perturbación producida en un punto de un medio se propaga progresivamente a todos los puntos de ese medio.

Ejemplos:

- Considerando dos personas que sostienen los extremos de una cuerda. Si una de ellas hace un movimiento vertical brusco hacia arriba y luego hacia abajo, causará una perturbación en la cuerda, originando una sinusoide que se desplazará a lo largo de la cuerda, aproximándose a la otra persona.



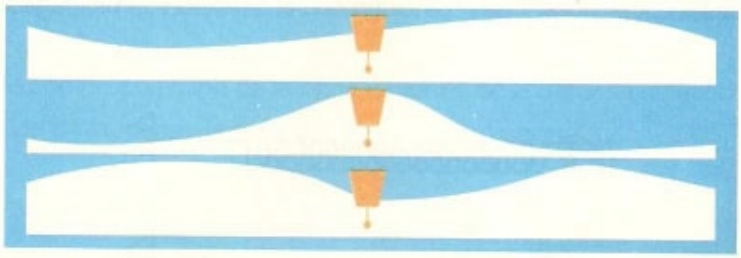
En el ejemplo citado:
a la perturbación se denomina *pulso*;
al movimiento del pulso se denomina *onda*;
la mano de la persona que hace el movimiento vertical es la *fuente*;
el *medio* en que la onda se propaga es la cuerda.

- Dejando caer una piedra en un lago de aguas calmas, se observa que la perturbación causada por el impacto de la piedra en el agua originará una ondulación que se propagará por la superficie del lago como circunferencias concéntricas, alejándose del punto del impacto.

Subido por Leazeel

Otro fenómeno que se destaca es el siguiente:

Si se coloca un corcho a flotar en el agua, próximo al lugar donde cayó la piedra, se observa que la onda, al alcanzar el corcho, hace que él sólo oscile, subiendo y bajando, permaneciendo en la misma vertical.



Como el corcho no es arrastrado, se concluye que la onda no transporta materia. Pero, como el corcho se mueve, implica que recibió energía de la onda.

Se puede concluir, por lo tanto, que una onda transmite energía *sin el transporte de materia.*

3 Clasificación de las ondas

Las ondas se pueden clasificar de acuerdo con su naturaleza y con la dirección de vibración y propagación.

a) En cuanto a la naturaleza

• Ondas mecánicas

Son aquellas que necesitan de un medio material para que se propaguen. Ejemplo: ondas en cuerdas y ondas sonoras (sonido).

Las ondas mecánicas no se propagan en el vacío.

Subido por Leazeel

• Ondas electromagnéticas

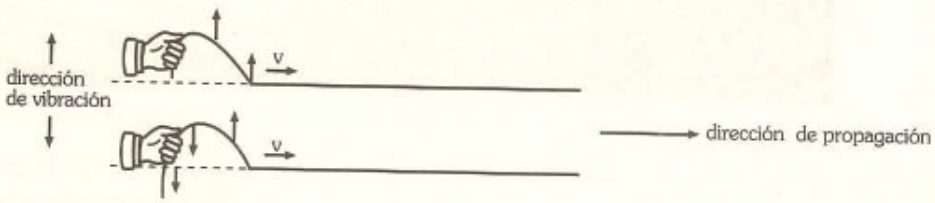
Son aquellas que no necesitan de un medio material para que se propaguen.

Ejemplo: ondas de radio, de televisión, de luz, etc.

b) En cuanto a la dirección de vibración

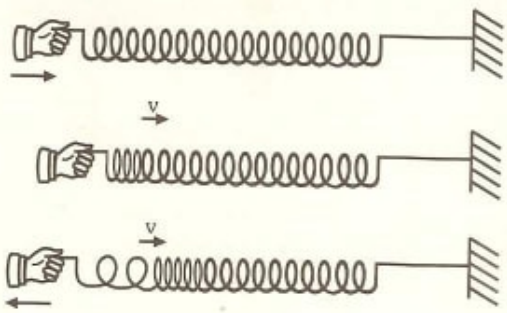
• Transversales

Son aquellas cuyas vibraciones son perpendiculares a la dirección de propagación. Ejemplo: ondas en cuerdas.



• Longitudinales

Son aquellas cuyas vibraciones coinciden con la dirección de propagación. Ejemplo:



c) En cuanto a la dirección de propagación

• Unidimensionales

Son aquellas que se propagan en una sola dirección. Ejemplo: ondas en cuerdas.

• Bidimensionales

Son aquellas que se propagan en un plano. Ejemplo: ondas en la superficie de un lago.

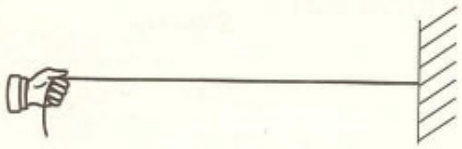
•Tridimensionales

Son aquellas que se propagan en todas las direcciones. Ejemplo: ondas sonoras en el aire atmosférico o en metales.

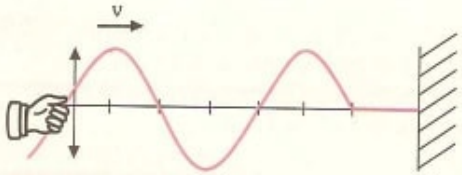
Subido por Leazeel

4 Velocidad de propagación

Se considera una cuerda de masa m y longitud ℓ, bajo la acción de una fuerza de tracción $\overline{T}$.



Se supone que la mano de una persona actúa en el extremo libre de la cuerda, realizando un movimiento vertical, periódico, de sube y baja. Una onda unidimensional pasa a propagarse horizontalmente con una velocidad v.



La velocidad de propagación de la onda depende de la densidad lineal de la cuerda y de la intensidad de la fuerza de tracción $\overline{T}$, y está dada por:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

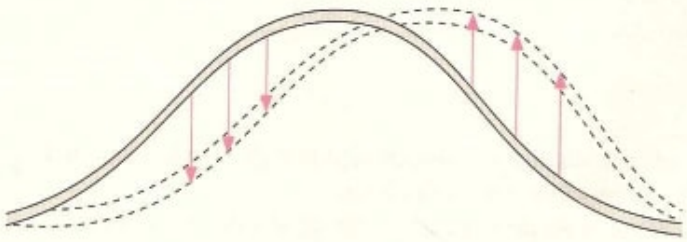
Donde:

T = fuerza de tracción en la cuerda;

$\mu = \frac{m}{\ell}$ = densidad lineal de la cuerda.

Cuanto mayor es la masa de cada pedazo de cuerda, mayor será la inercia.

Se observa que, mientras el pulso se propaga, su frente se desplaza hacia arriba y la parte de atrás se desplaza hacia abajo.



Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Una cuerda de 3m de longitud y 60g de masa se mantiene tensa bajo la acción de una fuerza de 800N de intensidad. Determine la velocidad de propagación de un pulso en esa cuerda.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} \ell = 3\text{m} \\ m = 60\text{g} = 0{,}06\text{kg} \\ T = 800\text{N} \end{cases}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{T}{\frac{m}{\ell}}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{800}{\frac{0{,}06}{3}}} \Rightarrow v = 200\ \text{m/s}$$

Respuesta: 200m/s

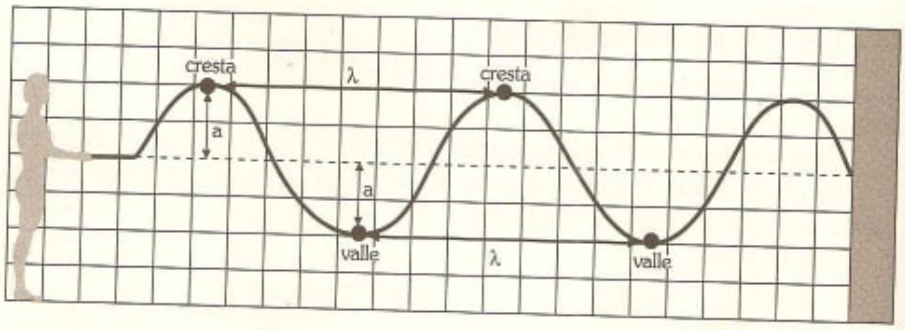
PROBLEMAS PROPUESTOS

692 Una cuerda de 2m de longitud y masa igual a $2 \cdot 10^{-2}$kg es recorrida por un pulso con una velocidad de 100m/s. Determine la intensidad de la fuerza que tracciona la cuerda.

693 Una cuerda de $1{,}2 \cdot 10^{-2}$kg/m de densidad lineal es traccionada por una fuerza de 43,2N. Determine la velocidad de propagación de un pulso producido en esa cuerda.

5 Ondas periódicas

Considerando una persona que ejecuta un movimiento vertical de sube y baja en el extremo libre de la cuerda indicada en la figura, en intervalos de tiempos iguales.



Esos impulsos causarán pulsos que se propagarán a lo largo de la cuerda en espacios iguales, pues los impulsos son periódicos.

La parte elevada se denomina *cresta* de la onda y la cavidad entre dos crestas se llama *valle*.

Subido por Leazeel

Se denomina *periodo* T al tiempo necesario para que dos crestas consecutivas pasen por el mismo punto.

Se llama *frecuencia* f al número de crestas consecutivas que pasan por un mismo punto, en cada unidad de tiempo.

La relación entre T y f es:

$$f = \frac{1}{T}$$

A la distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos se denomina *longitud de onda*, que se representa por la letra λ, y a es la amplitud de la onda.

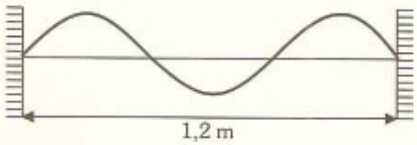
Como un pulso se propaga con velocidad constante, es válida la expresión $s = vt$.

Reemplazando: $s = \lambda$ y $t = T$. Luego:

$$\lambda = vT \Rightarrow \lambda = v \cdot \frac{1}{f} \quad \text{o} \quad \boxed{v = \lambda f}$$

Problema de Aplicación

Una cuerda de 240g de masa y 1,2m de longitud vibra con una frecuencia de 150Hz, como se indica en la figura.

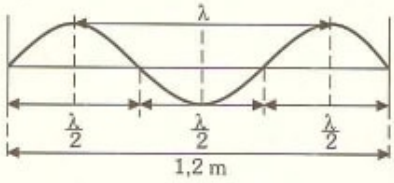


a) ¿Cuál es la velocidad de propagación de la onda en la cuerda?

b) ¿Cuál es la intensidad de la fuerza tensora en la cuerda?

Solución:

a) Del esquema, se tiene:



$$3 \cdot \frac{\lambda}{2} = 1{,}2 \Rightarrow \lambda = 0{,}8\text{m}$$

Luego:

$$v = \lambda f \Rightarrow v = 0{,}8 \cdot 150 \Rightarrow v = 120\text{m/s}$$

$$\text{b) } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{T}{\frac{m}{\ell}}} \Rightarrow 120 = \sqrt{\frac{T}{\frac{240 \cdot 10^{-3}}{1{,}2}}} \Rightarrow T = 2\,880\text{N}$$

Respuesta: a) 120m/s b) 2 880N

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

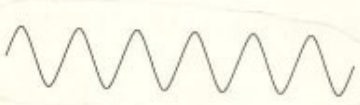
694 La frecuencia de una onda es 10Hz. Determine su periodo.

695 En un tanque pequeño la velocidad de propagación de una onda es 0,50m/s. Sabiendo que la frecuencia del movimiento es de 10Hz, calcule la longitud de onda.

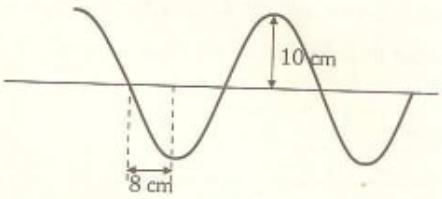
696 Una radio emisora de FM de una universidad deberá operar en la frecuencia 105,9 megahertz (mega ≡ 10^6). Admitiendo que la velocidad de propagación de las ondas de la radio es $3 \cdot 10^8$m/s, halle la longitud de onda de la transmisión.

697 Una piedra cae en un lago, produciendo en su superficie ondas que recorren 250cm en 2s. La distancia entre dos crestas sucesivas de onda es de 25cm. Determine el periodo de la onda.

698 La sucesión de pulsos que se representa en la figura fue producida en 1,5s. Determine la frecuencia y el periodo de la onda.

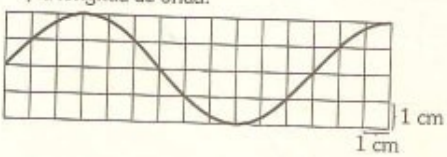


699 Una onda se propaga a lo largo de una cuerda, con una frecuencia de 60Hz, como se ilustra en la figura.



a) ¿Cuál es la amplitud de la onda?
b) ¿Cuál es el valor de la longitud de onda?
c) ¿Cuál es la velocidad de propagación de esa onda?

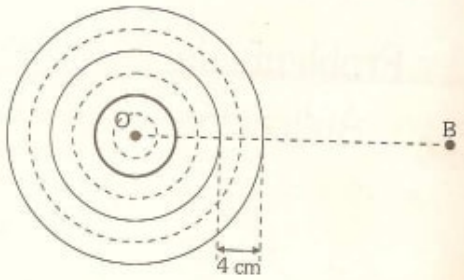
700 El gráfico representa la forma de una cuerda, en un determinado instante, por donde se propaga una onda.
Calcule:
a) la amplitud de onda;
b) la longitud de onda.



701 Un conjunto de ondas periódicas transversales de 20Hz de frecuencia se propaga en una cuerda. La distancia entre una cresta y un valle adyacente es de 2m. Determine:
a) la longitud de onda;
b) la velocidad de la onda.

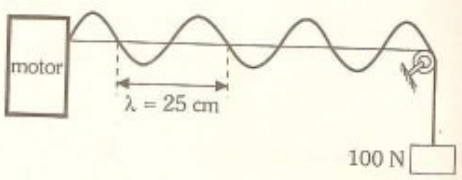
702 Un vibrador produce, en una superficie líquida, ondas de 5cm de longitud, que se propagan a una velocidad de 30cm/s.
a) ¿Cuál es la frecuencia de las ondas?
b) En caso de que el vibrador aumente sólo su amplitud de vibración, ¿qué ocurre con la velocidad de propagación, la longitud y la frecuencia de las ondas?

703 La figura representa esquemáticamente las ondas producidas en el agua por una fuente de 5Hz de frecuencia localizada en O.



Las líneas llenas representan las crestas y las punteadas, los valles. En el punto B hay una pequeña boya localizada a 40cm de O. Determine el intervalo de tiempo para que un pulso generado en O alcance B.

704 Una cuerda cuya densidad lineal es 10g/m tiene una de sus extremidades ligada a un motor que está conectado, y la otra, después de pasar por una polea fija, soporta un peso de 100N.



Determine la frecuencia propia de la vibración del motor.

Subido por Leazeel

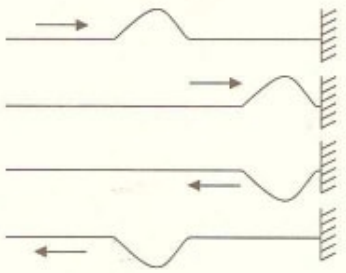
6 Reflexión de un pulso en una cuerda

Cuando un pulso, propagándose en una cuerda, alcanza su extremo, él puede volver al medio en el que se estaba propagando.

A ese fenómeno se denomina *reflexión*.

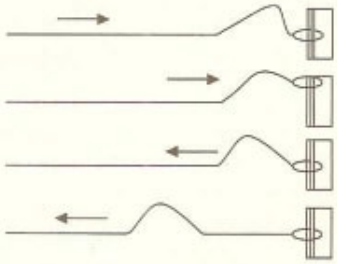
La reflexión en una cuerda puede ocurrir en las siguientes formas:

Extremo fijo



Si el extremo es fijo, el pulso sufre reflexión con inversión de fase, manteniendo todas las otras características.

Extremo libre



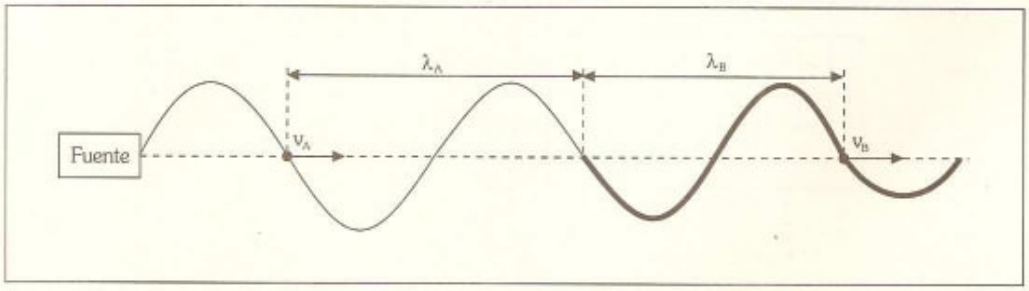
Si el extremo es libre, el pulso sufre reflexión y vuelve al mismo semiplano, es decir, no ocurre inversión de fase.

7 Refracción de un pulso en una cuerda

Cuando un pulso, propagándose en una cuerda de menor densidad, pasa a otra de mayor densidad, se dice que él sufrió una *refracción*.

La siguiente experiencia muestra que, cuando un pulso pasa de un medio a otro, la frecuencia no se modifica (la frecuencia depende sólo de la fuente). Luego:

$$f_A = f_B \Rightarrow \frac{v_A}{\lambda_A} = \frac{v_B}{\lambda_B}$$



Subido por Leazeel

Esa fórmula es válida también para la refracción de ondas bidimensionales y tridimensionales.

Se observa que la longitud de onda y la velocidad de propagación varían con el cambio del medio de propagación.

Problema de Aplicación

Una onda periódica se propaga en una cuerda A, con una velocidad de 40cm/s y longitud de onda de 5cm. Al pasar a una cuerda B, su velocidad pasa a ser 30cm/s. Determine:

a) la longitud de onda en el medio B;

b) la frecuencia de la onda.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} v_A = 40\text{cm/s} \\ \lambda_A = 5\text{cm} \\ v_B = 30\text{cm/s} \end{cases}$$

a) $\frac{v_A}{\lambda_A} = \frac{v_B}{\lambda_B} \Rightarrow \frac{40}{5} = \frac{30}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_B = 3{,}75\text{cm}$

b) Como la frecuencia es la misma en los medios A y B, se tiene:

$v_A = \lambda_A f_A \Rightarrow 40 = 5 f_A \Rightarrow f_A = 8\text{Hz}$

Respuesta: a) 3,75cm b) 8Hz

PROBLEMAS PROPUESTOS

705 Una onda se propaga en una cuerda A con una velocidad de 8m/s y una frecuencia de 10Hz. Al pasar a otra cuerda, B, su velocidad es de 2m/s. ¿Cuál es la longitud de onda en la cuerda B?

706 Un pulso se propaga en una cuerda A con una velocidad de 20cm/s y una frecuencia de 5Hz. Al pasar a un medio B, su velocidad es el cuádruplo de la anterior. Determine la longitud de onda en el medio B.

707 Un tren de ondas periódicas recorre el medio ①, llega a la separación con el medio ② y penetra en él, sufriendo refracción. La longitud de onda en el medio ① es $\lambda_1 = 1{,}5$cm y la longitud de onda en el medio ② es $\lambda_2 = 2{,}0$cm.

a) De las magnitudes físicas velocidad de propagación y periodo, ¿cuáles se conservan con el mismo valor en los dos medios?

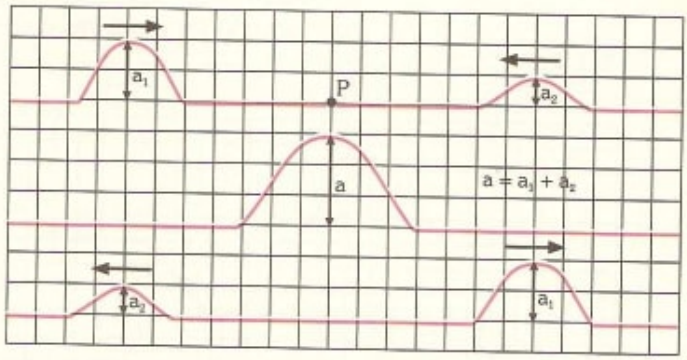
b) Si la frecuencia de las ondas es igual a 10 hertz en el medio ①, ¿cuál es la velocidad de propagación en el medio ② ?

Subido por Leazeel

8 Principio de la superposición

Cuando dos o más ondas se propagan simultáneamente en un mismo medio, se dice que hay una *superposición de ondas.*

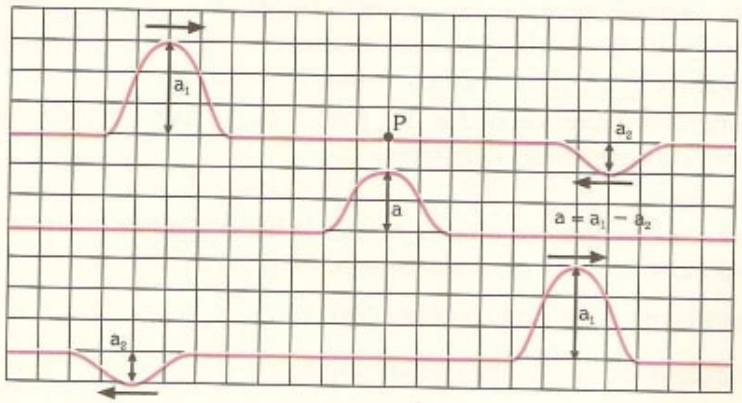
Como ejemplo, se consideran dos ondas propagándose conforme indica las figuras.



Suponiendo que alcanzan el punto P en el mismo instante, ellas causarán en ese punto una perturbación que es igual a la suma de las perturbaciones que cada onda causaría si lo hubiese alcanzado individualmente, es decir, la elongación resultante es igual a la suma algebraica de las elongaciones que cada onda produciría individualmente en el punto P, en el instante considerado.

Después de la superposición, las ondas continúan propagándose con las mismas características que tenían antes.

Los efectos se sustraen (suma algebraica) y pueden anularse en el caso de dos propagaciones con desplazamientos invertidos:



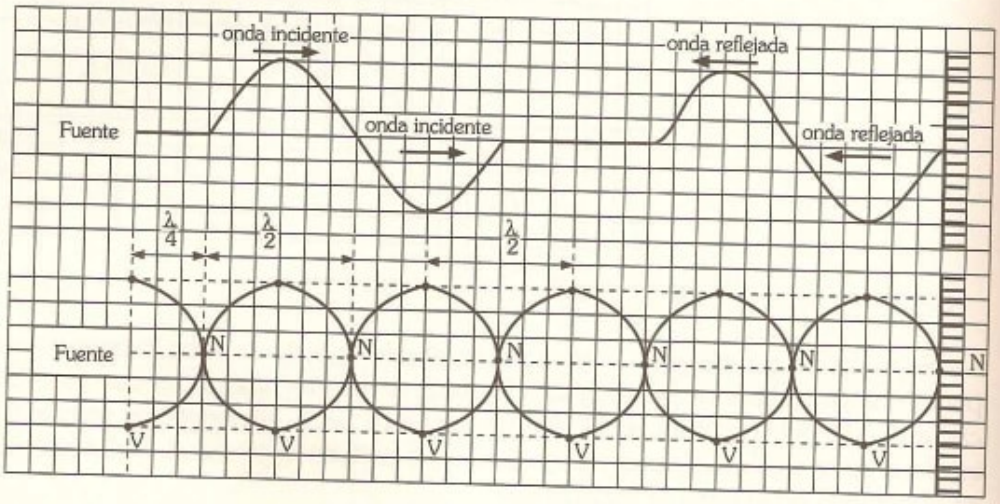
Subido por Leazeel

9 Ondas estacionarias

Son ondas resultantes de la superposición de dos ondas de la misma frecuencia, la misma amplitud, la misma longitud de onda, la misma dirección y sentidos opuestos.

Se puede obtener una onda estacionaria a través de una cuerda fija en uno de los extremos.

Con una fuente se hace vibrar el otro extremo con movimientos verticales periódicos, produciéndose perturbaciones regulares que se propagan por la cuerda.



Donde: N = nodos y V = vientres.

Al alcanzar el extremo fijo, ellas se reflejan, retornando con sentido de desplazamiento contrario al anterior.

De esa forma, las perturbaciones se superponen a las otras que están llegando a la pared, originando el fenómeno de las *ondas estacionarias*.

Una onda estacionaria se caracteriza por la amplitud variable de punto a punto, es decir, hay puntos de la cuerda que no se mueven (amplitud nula) llamados *nodos* y puntos que vibran con amplitud máxima, llamados *vientres*.

Es evidente que, entre los nodos, los puntos de la cuerda vibran con la misma frecuencia pero con amplitudes diferentes.

Se observa que:

a) como los nodos están en reposo, no puede haber paso de energía por ellos, no habiendo, entonces, en una onda estacionaria, transporte de energía;

b) la distancia entre dos nodos consecutivos vale $\frac{\lambda}{2}$;

c) la distancia entre dos vientres consecutivos vale $\frac{\lambda}{2}$;

d) la distancia entre un nodo y un vientre consecutivo vale $\frac{\lambda}{4}$.

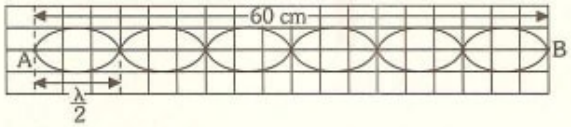
Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Una onda estacionaria de 8Hz de frecuencia se establece en una línea fijada entre dos puntos distantes 60cm. Incluyendo los extremos, se cuentan 7 nodos. Calcule la velocidad de la onda progresiva que dio origen a la onda estacionaria.

Solución:

De la figura, se tiene:



$$6 \cdot \frac{\lambda}{2} = \overline{AB} \Rightarrow 6 \cdot \frac{\lambda}{2} = 60 \Rightarrow \lambda = 20cm$$

Luego:

$$v = \lambda f \Rightarrow v = 20 \cdot 8 \Rightarrow v = 160cm/s \text{ o } v = 1,6m/s$$

Respuesta: 1,6m/s

PROBLEMAS PROPUESTOS

708 Una cuerda de 25cm de longitud, fija en los extremos P y Q, vibra en la configuración estacionaria representada en la figura.

Sabiendo que la frecuencia de vibración es de 1 000Hz, determine la velocidad de propagación de las ondas a lo largo de la cuerda.

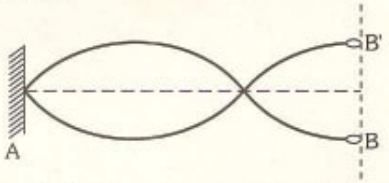
709 Las ondas estacionarias de la figura tienen 15cm de longitud de onda y se propagan en la cuerda con una velocidad de 3m/s.

a) Calcule la frecuencia de las ondas.

b) Determine la longitud de la cuerda.

710 Una cuerda homogénea, de $\ell = 1,5m$ de longitud y $m = 30g$ de masa, tiene su extremo A fijo, y el otro, B, puede deslizarse libremente a lo largo de un asta vertical. La cuerda se mantiene tensa bajo la acción de una fuerza $F = 200N$ de intensidad y vibra según el estado estacionario indicado en la figura.

Determine:



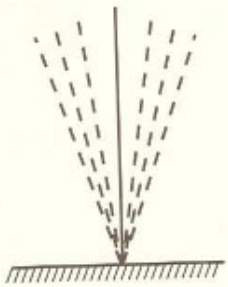
a) la velocidad de propagación de la onda;
b) la frecuencia de vibración de la cuerda.

Subido por Leazeel

Unidad XV
Acústica

1 Ondas sonoras

Considerando una lámina de acero muy fina, fija en uno de los extremos.



Si se desplaza la lámina, ella comienza a oscilar hacia la derecha y hacia la izquierda. Ese movimiento alternado provoca *compresiones* y *expansiones* en el aire en contacto con la lámina, produciendo ondas longitudinales llamadas *ondas sonoras*.

Las ondas sonoras perceptibles por el oído humano son denominadas *sonidos* y su frecuencia está comprendida entre 20Hz y 20 000Hz.

Si la frecuencia es mayor que 20 000Hz, las ondas son llamadas *ultrasónicas*. Si la frecuencia es menor que 20Hz, las ondas reciben el nombre de *infrasónicas*.

Se recuerda que las ondas sonoras necesitan de un medio material para que se propaguen. Por lo tanto, son ondas mecánicas.

El aire denso es mejor transmisor del sonido que el aire enrarecido porque las moléculas gaseosas están más próximas y transmiten la energía cinética de la onda de unas a otras con mayor facilidad. Por eso, los sonidos son bien audibles en las pequeñas altitudes, lo que no ocurre en altitudes mayores donde el aire es menos denso.

La experiencia muestra que el sonido se puede propagar en cualquier medio natural sólido, líquido o gaseoso.

La tabla siguiente presenta la velocidad del sonido en algunos medios:

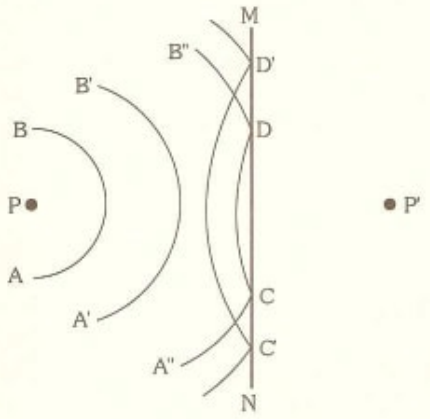
Medio	Velocidad (m/s)
Aire (a 20°C)	340
Agua	1 498
Aluminio	5 000
Hierro	5 200

Subido por Leazeel

2 Fenómenos sonoros

a) Reflexión

Cuando ondas sonoras AB, A'B', A''B'' provenientes de un punto P encuentran un obstáculo plano rígido MN, se produce reflexión de las ondas sobre el obstáculo.



Cuando vuelven, se produce una serie de ondas reflejadas, CD, C'D', que se propagan en sentido inverso al de las ondas incidentes y se comportan como si proviniesen de una fuente P', simétrica de la fuente P en relación al plano reflector.

Si la onda incidente es el sonido, la reflexión puede ocasionar los fenómenos del *eco* y de la *reverberación*.

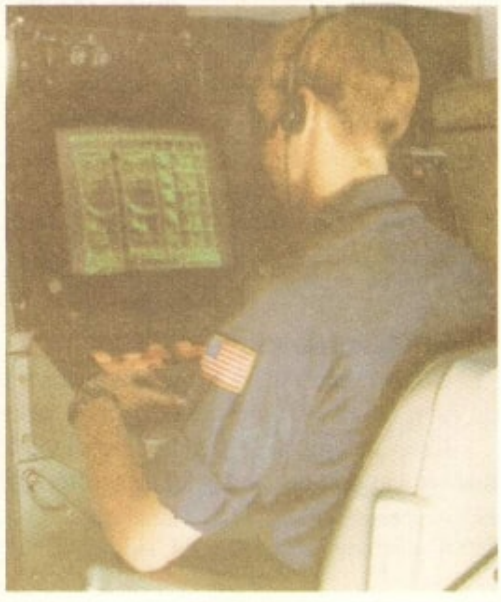
• Eco

Los obstáculos que reflejan el sonido pueden presentar grandes asperezas. Así, el sonido puede ser reflejado por un muro, una montaña, etc.

El sonido reflejado se llama eco, cuando se distingue del sonido directo.

Para que una persona pueda oír su propio eco, ella debe estar situada a 17m, como mínimo, del obstáculo reflector, pues el oído humano sólo puede distinguir dos sonidos con intervalo de 0,1s. El sonido, que tiene velocidad de 340m/s, recorre en ese tiempo 34m.

El sonar es un aparato capaz de emitir ondas sonoras en el agua y captar sus ecos, permitiendo, así, la localización de objetos bajo el agua.



Subido por Leazeel

Midiendo el tiempo entre la emisión del sonido y la recepción de su eco, él puede determinar la distancia exacta y la forma aproximada del objeto.

El sonar sirve para orientar la navegación, obtener el perfil de los fondos marinos, revelar la presencia de cardúmenes, etc.

Algunos animales, como el delfín y el murciélago, poseen radares biológicos y se orientan por los ecos de los sonidos que emiten.

• Reverberación

En grandes salas cerradas ocurre el encuentro del sonido con las paredes. Ese encuentro produce reflexiones múltiples que no sólo refuerzan el sonido, sino también lo prolongan durante algún tiempo después de que cesó la emisión.

Esa prolongación es la que constituye la reverberación.

La reverberación ocurre cuando el sonido reflejado alcanza el observador en el instante en que el sonido directo se está extinguiendo, ocasionando la prolongación de la sensación auditiva.

b) Refracción

Consiste en el proceso del paso de la onda sonora de un medio a otro, cambiando su velocidad de propagación y la longitud de onda, pero manteniendo constante la frecuencia.

c) Difracción

Fenómeno en el que una onda sonora puede atravesar obstáculos.

Ejemplo:

Cuando se coloca un obstáculo entre una fuente sonora y el oído, el sonido se debilita pero no se extingue. Luego, las ondas no se propagan solamente en línea recta, pero sufren desviaciones en los extremos de los obstáculos que encuentran.

d) Interferencia

Consiste en la recepción de dos o más sonidos de fuentes diferentes.

En este caso, se tendrá una región del espacio en la cual, en ciertos puntos, se escuchará un sonido fuerte y, en otros, un sonido débil o habrá ausencia de sonido.

sonido fuerte → interferencia constructiva
sonido débil → interferencia destructiva

e) Resonancia

Cuando un cuerpo comienza a vibrar por influencia de otro, en la misma frecuencia de éste, ocurre el fenómeno llamado resonancia.

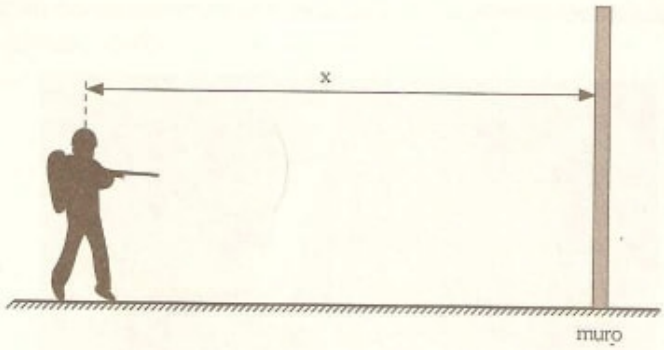
Como ejemplo se puede citar el vidrio de una ventana que se rompe al entrar en resonancia con las ondas sonoras producidas por un avión a chorro.

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Un cazador dispara su arma delante de un muro reflector y escucha el eco del tiro después de 6s. Sabiendo que el sonido se propaga en el aire con una velocidad de 340m/s, calcule la distancia del cazador al muro.

Solución:



Durante el movimiento, el sonido recorre una distancia igual a 2x (ida y vuelta), en movimiento uniforme. Luego:

$s = vt \Rightarrow 2x = vt$

$2x = 340 \cdot 6$

$x = 1\,020m$

Respuesta: 1 020m

PROBLEMAS PROPUESTOS

711 Un observador está delante de un muro situado a 680m de distancia contra el cual da un tiro. Sabiéndose que la velocidad del sonido es de 340m/s, ¿después de cuántos segundos el observador percibirá el eco del tiro?

712 Se da un martillazo en el extremo de un carril. En el otro extremo se encuentra un individuo que escucha dos sonidos, con una diferencia de tiempo de 0,18s. El primero se propaga, a través del carril, con una velocidad de 3 400m/s y el segundo, a través del aire, con una velocidad de 340m/s. Determine la longitud del carril.

713 El sonar de un submarino recibe las ondas sonoras reflejadas por el casco de un navío 4s después de la emisión de las ondas. Despreciando a la velocidad relativa entre el submarino y el navío y admitiendo que la velocidad de propagación del sonido en el agua del mar es aproximadamente de 1 450m/s, calcule la distancia aproximada entre el navío y el submarino.

714 Un buzo está debajo del agua y un pescador encima, en un barco.

a) Un yate cercano acciona su motor. El buzo demora 1s en escuchar el sonido de la partida. ¿Cuánto tiempo empleará el pescador para escucharlo?
Siendo: veloc. del sonido en el aire (20°C): 343m/s; veloc. del sonido en el agua (20°C): 1 480m/s.

b) Un delfín, en cierto momento, sube a la superficie y emite un sonido de longitud de onda 0,014m. ¿Ese sonido puede ser escuchado por el pescador? Se sabe que las frecuencias sonoras audibles por el ser humano se sitúan en la franja de 20 a 20 000Hz.

Subido por Leazeel

3 Efecto Doppler

Cuando una persona se aproxima a una fuente sonora fija, la frecuencia del sonido escuchado es mayor que cuando la persona se aleja de la fuente.

El mismo resultado se obtendría si la fuente se acercase o se alejase de una persona detenida.

Ese fenómeno se observa cuando se escucha el pitar de una locomotora en movimiento. El pitar es más grave (frecuencia menor) cuando ella se está alejando.

Nelson Tokido/FTD

Se observa que, cuando hay aproximación entre el observador y la fuente, el observador recibe mayor número de ondas por unidad de tiempo y cuando hay alejamiento, él recibe un menor número de ondas.

Esta variación aparente de la frecuencia de onda se llama *efecto Doppler.*

Denominando f' la frecuencia recibida por el observador y f la frecuencia emitida por la fuente, se tiene:

aproximación	$f' > f$
alejamiento	$f' < f$

Esas magnitudes se relacionan por la expresión:

$$f' = f\left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_F}\right)$$

Donde:

v = velocidad de la onda;

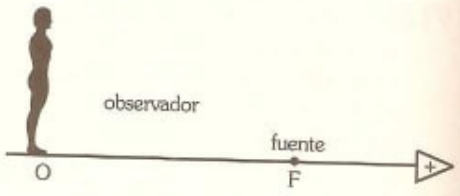
v_F = velocidad de la fuente;

v_o = velocidad del observador;

f = frecuencia real emitida por la fuente;

f' = frecuencia aparente recibida por el observador.

Los signos + o −, que preceden a v_o o v_F, son utilizados de acuerdo con la convención:



Subido por Leazeel

La trayectoria será positiva en el sentido de O hacia F. Por tanto:

v_o { → + el observador se aproxima a la fuente
← − el observador se aleja de la fuente

$v_o = 0$ (el observador está detenido)

v_F { → + la fuente se aleja del observador
← − la fuente se aproxima al observador

$v_F = 0$ (la fuente está detenida)

Problema de Aplicación

Un automóvil que se mueve a 20m/s pasa próximo a una persona detenida junto al cordón de la vereda. La bocina del automóvil está emitiendo una nota de 2kHz de frecuencia. El aire está detenido y la velocidad del sonido en relación a él es 340m/s. ¿Qué frecuencia escuchará el observador:

a) cuándo el automóvil se está aproximando?

b) cuándo el automóvil se está alejando?

Solución:

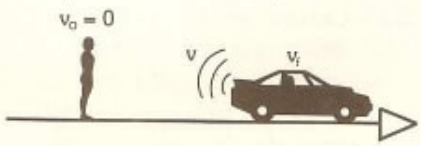
a) Cuando el automóvil se está aproximando al observador, se tiene:

Datos { $f = 2kHz$; $v_F = 20m/s$; $v = 340m/s$; $v_O = 0$

$$f' = f\left(\frac{v + v_o}{v - v_F}\right) \Rightarrow f' = 2\left(\frac{340 + 0}{340 - 20}\right) \Rightarrow f' = 2{,}125kHz$$

b) Cuando el automóvil se está alejando del observador, se tiene:

Datos { $f = 2kHz$; $v_f = 20m/s$; $v = 340m/s$



$$f' = f\left(\frac{v + v_o}{v + v_F}\right) \Rightarrow f' = 2\left(\frac{340 + 0}{340 + 20}\right) \Rightarrow f' \simeq 1{,}889kHz$$

Respuesta: a) 2,125kHz b) = 1,889kHz

PROBLEMAS PROPUESTOS

715 Una fuente sonora que emite un sonido de 500Hz de frecuencia se aproxima a un observador en reposo, con una velocidad de 72km/h. Siendo la velocidad del sonido 340m/s, calcule la frecuencia recibida por el observador.

716 Un avión emite un sonido de 600Hz de frecuencia y recorre una trayectoria rectilínea con una velocidad $v_f = 300m/s$. El aire se presenta inmóvil. La velocidad de propagación del sonido es 330m/s. Determine la frecuencia del sonido que llega a un observador detenido junto a la trayectoria del avión:
a) cuando el avión se aproxima al observador;
b) cuando el avión se aleja del observador.

717 Determine la velocidad con que un observador se debe aproximar a una fuente sonora (en reposo), cuya frecuencia es 16 000Hz, para dejar de oírla, sabiendo que la velocidad de propagación del sonido en el aire es de 340m/s y la máxima frecuencia audible es 20 000Hz.

Subido por Leazeel

Tests

Unidad XIV — Ondas

230 En relación a la propagación de las ondas, se puede afirmar que:

a) en una onda longitudinal, las partículas vibran en dirección perpendicular a la dirección de propagación.

b) la frecuencia de una onda es el número de vibraciones en la unidad de longitud.

c) el periodo de una onda es directamente proporcional a su frecuencia.

d) la longitud de una onda es la distancia entre los dos puntos de mayor perturbación más próximos.

231 Al llegar al extremo de una cuerda, un pulso transversal que en ella se propaga sufre:

a) reflexión con inversión de fase, si el extremo es libre.

b) refracción con inversión de fase, si el extremo es libre.

c) refracción sin inversión de fase, si el extremo está fijo.

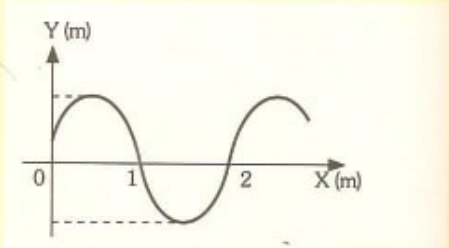
d) reflexión sin inversión de fase, si el extremo es libre.

e) reflexión sin inversión de fase, si el extremo está fijo.

232 Un hilo metálico de 2m de longitud y 10g de masa se tracciona mediante una fuerza de 200N. La velocidad de propagación de un pulso transversal en ese hilo es de:

a) 200m/s b) 100m/s c) 50m/s d) $2\sqrt{10}$m/s e) n.d.a.

233 La figura representa una onda transversal que se propaga en una cuerda a una velocidad de 10m/s. Su frecuencia es:



a) 10Hz d) 5Hz

b) 2Hz e) 0,1Hz

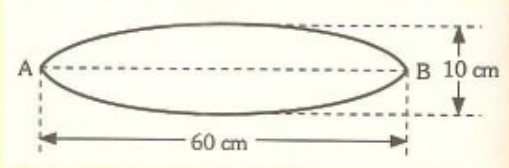
c) 3Hz

234 Una onda tiene 10Hz de frecuencia y se propaga con una velocidad de 400m/s. Entonces, su longitud de onda tiene un valor, en metros, de:

a) 0,04 b) 0,4 c) 4 d) 40 e) 400

La siguiente información se refiere a los planteamientos 235 a 237:

La figura representa una cuerda de 60cm, fija en los dos extremos, vibrando con una frecuencia de 435 vibraciones por segundo.



235 Las ondas que recorren la cuerda tienen una longitud de:

a) 60cm b) 30cm c) 45cm d) 120cm e) 90cm

236 La amplitud de las ondas que recorren la cuerda es de:

a) 5cm b) 10cm c) 20cm d) 60cm e) 6cm

237 La velocidad de propagación de las ondas, en la cuerda es:

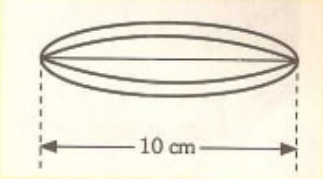
a) 522m/s b) 26,1m/s c) 261m/s d) 0,138m/s e) 5,22m/s

238 Un estudiante observa las gotas de lluvia que caen en la superficie del agua contenida en un recipiente. El verifica que caen a razón de 60 gotas por minuto y constata la formación de ondas circulares, cuyo centro es el punto donde las gotas alcanzan la superficie. Siendo igual a 50cm la distancia entre dos crestas consecutivas, la velocidad de propagación de las ondas, en cm/s, es igual a:

a) 3 000 b) 60 c) 50 d) 1 e) 0,8

Subido por Leazeel

239 La figura representa una configuración de ondas estacionarias que se propagan en una cuerda. Las ondas que generan esta configuración tienen longitud de onda, en centímetros, de:



a) 25 c) 15 e) 5
b) 20 d) 10

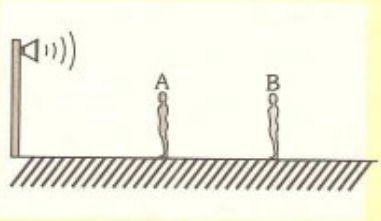
240 Entre los extremos fijos de una cuerda de 6m de longitud se forman cinco nodos cuando en ella se propaga un movimiento vibratorio de 180Hz.
La velocidad de propagación de ese movimiento es:
a) 216m/s c) 450m/s e) Siendo un sonido audible, se
b) 360m/s d) 540m/s propaga con la velocidad del sonido.

UNIDAD XV — Acústica

241 Estudiando los posibles efectos del sonido en el desarrollo de brotes de porotos, científicos de la Universidad Estadual Paulista verificaron que los sonidos agudos perjudican el crecimiento de esas plantas, mientras que los sonidos más graves, aparentemente, no interfieren en el proceso. En ese experimento el interés de los investigadores se centró principalmente en la variable física:
a) velocidad. b) humedad. c) temperatura. d) frecuencia. e) intensidad luminosa.

242 Un cazador escucha el eco de su tiro 5s después que dispara su rifle. La velocidad del sonido en el aire es 330m/s. La superficie que refleja el sonido se encuentra a una distancia igual a:
a) $1{,}65 \cdot 10^{3}$m b) 1,65m c) $1{,}65 \cdot 10^{-3}$m d) $8{,}25 \cdot 10^{2}$m e) $8{,}25 \cdot 10^{-2}$m

243 Dos operarios, A y B, están parados en el patio de una fábrica. En un determinado instante, toca la sirena. El operario B escucha el sonido de la sirena 1,5s después de que el operario A lo haya oído. Considerando que la velocidad del sonido es constante y de módulo igual a 340m/s, la distancia, en metros, entre los dos operarios es:



a) 170 c) 510 e) 850
b) 340 d) 680

244 Los murciélagos emiten ultrasonidos. La menor longitud de onda producida por un murciélago en el aire es del orden de $33 \cdot 10^{-4}$m. La frecuencia más elevada que los murciélagos pueden emitir en un lugar donde la velocidad del sonido en el aire es de 330m/s será:
a) 10^{4}Hz b) 10^{5}Hz c) 10^{6}Hz d) 10^{7}Hz e) 10^{8}Hz

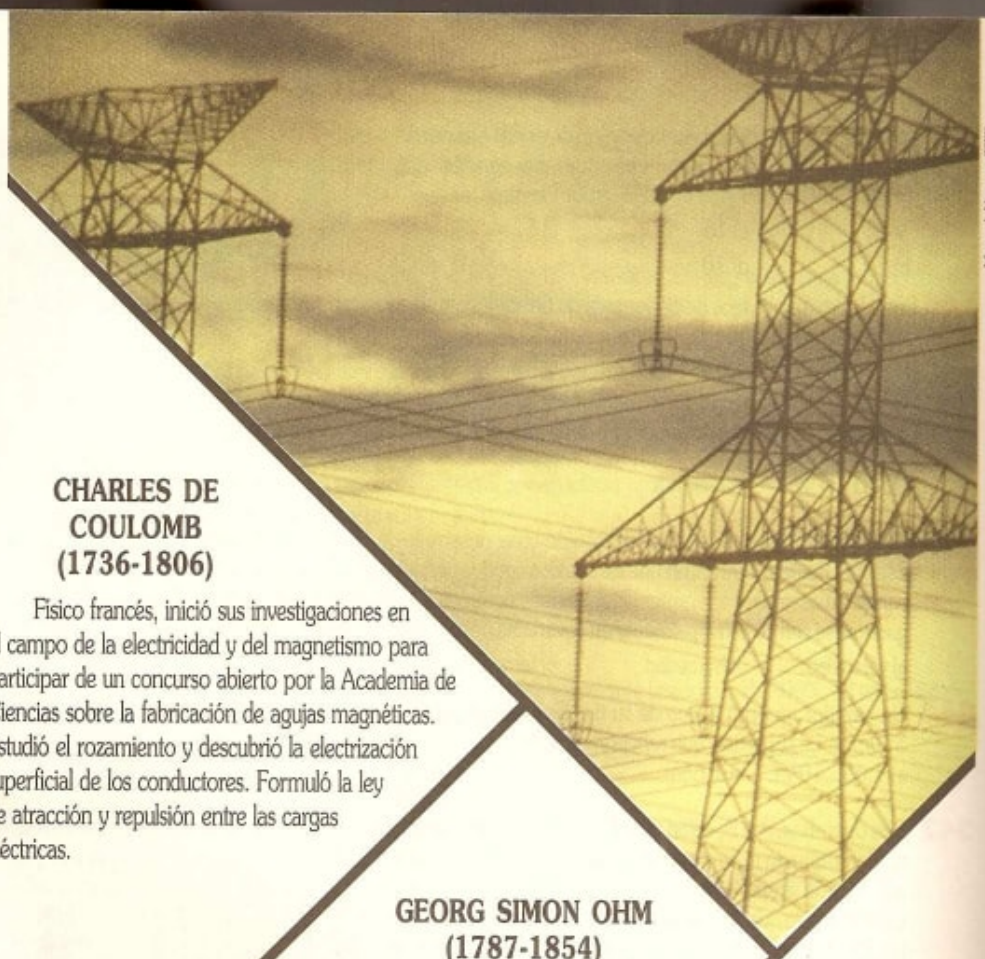
245 Una onda se propaga en un medio con una velocidad de 10m/s y con una frecuencia de 5Hz y pasa a otro medio con una velocidad de 5m/s. La longitud de onda en el segundo medio es de:
a) 0,81m b) 0,5m c) 1,0m d) 1,5m e) 2,0m

246 Un tren de ondas planas que se propaga en el agua alcanza un obstáculo y sufre una desviación, tendiendo a bordearlo. Ese fenómeno ondulatorio se denomina:
a) interferencia. b) polarización. c) difracción. d) refracción. e) reflexión.

247 Una ambulancia con su sirena conectada emite un sonido de 320Hz de frecuencia y se aproxima, a 72km/h, a un observador en reposo. Se sabe que la velocidad del sonido en el aire es 340m/s. La frecuencia aparente del sonido percibido por el observador en Hz será aproximadamente igual a:
a) 300 b) 340 c) 520 d) 392 e) 592

248 Un observador se desplaza a una velocidad de 20m/s. Una fuente sonora se desplaza en la misma recta que el observador, en sentido contrario a éste, con una velocidad de 20m/s. Se sabe que el observador y la fuente ya se cruzaron, que la velocidad de propagación del sonido es 340m/s, que la frecuencia del sonido emitido por la fuente es de 720Hz. La frecuencia del sonido percibido por el observador es:
a) 640Hz b) 720Hz c) 700Hz d) 800Hz e) n.d.a.

Subido por Leazeel



Marcel Novaes/FTD

CHARLES DE COULOMB (1736-1806)

Físico francés, inició sus investigaciones en el campo de la electricidad y del magnetismo para participar de un concurso abierto por la Academia de Ciencias sobre la fabricación de agujas magnéticas. Estudió el rozamiento y descubrió la electrización superficial de los conductores. Formuló la ley de atracción y repulsión entre las cargas eléctricas.

GEORG SIMON OHM (1787-1854)

Físico y matemático alemán que descubrió, en 1827, las leyes fundamentales de las corrientes eléctricas. Realizó también trabajos en Acústica, en la composición de las vibraciones sonoras.

Parte E

ELECTRICIDAD

CHARLES DE COULOMB

GEORG SIMON OHM

Subido por Leazeel

Unidad XVI
Electrostática

Capítulo **1**

Primeros conceptos

1 Teoría, sus creadores, su práctica

En el siglo VI a.C., el griego Tales de Mileto descubrió una resina fósil, cuyo nombre en griego es *elektron*, que adquiría la propiedad de atraer los cuerpos livianos cuando era frotada con la lana. Ese hallazgo quedó prácticamente olvidado hasta 1600, cuando el médico inglés William Gilbert (1544-1603), retomando las observaciones de Tales, inventó el péndulo eléctrico, lo que hizo posible la observación de una serie de fenómenos que se transformaron en la base de la Electricidad.

Los estudios en ese campo evolucionaron con Otto von Guericke (1602-1686), quién observó la repulsión entre cargas eléctricas. Cerca de 1730 el investigador francés Charles Du Fay (1698-1739) demostró claramente que la fuerza eléctrica podía ser atractiva o repulsiva. A mediados del siglo XVIII, Benjamin Franklin, estadista y científico americano, admite la transferencia de electricidad de un cuerpo a otro cuando son frotados, se imagina la electricidad como un fluido y se refiere a los estados eléctricos como un exceso o una deficiencia de ese fluido. Al exceso se le atribuye el signo positivo (+) y a la falta, el signo negativo (−).

A fines del siglo XVIII el francés Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), utilizando la balanza de torsión, formuló la ley de la fuerza eléctrica, conocida como Ley de Coulomb.

Las nociones de campo eléctrico, potencial eléctrico y capacitancia fueron introducidas a través de los teoremas de Gauss, Laplace y Poisson.

La electricidad dinámica se desarrolló con el descubrimiento de la pila, por Alexandre Volta (1745-1826), en 1800, revelando la corriente eléctrica y la resistencia eléctrica. Se volvió necesario medir esas magnitudes y otras, situación que interesó a Ampere, Ohm, Pouillet, Joule, Faraday y Kirchhoff, cuyos trabajos permitieron la construcción de equipos como el amperímetro y el voltímetro.

El descubrimiento de la corriente eléctrica reactivó los conocimientos sobre fenómenos magnéticos dominados muchos siglos antes del descubrimiento de Tales de Mileto. Se cree que fueron observados por primera vez en una antigua ciudad de Asia Menor, llamada Magnesia, de donde se habrían originado los términos magnetita, magnético, magnetismo, etc.

En 1820, el físico dinamarqués Hans Christian Oersted (1777-1851) verificó que una brújula magnética se desvía de su posición de equilibrio cuando se la coloca en las proximidades de un hilo recorrido por una corriente eléctrica. Tal observación, que relaciona electricidad y magnetismo, llevó a muchos científicos ilustres, como Michael Faraday (1791-1867), Lorentz, Biot, Savart, Ampere, Joseph Henry, Edwin Hall, Lenz,

Manoel Nogues/FTD

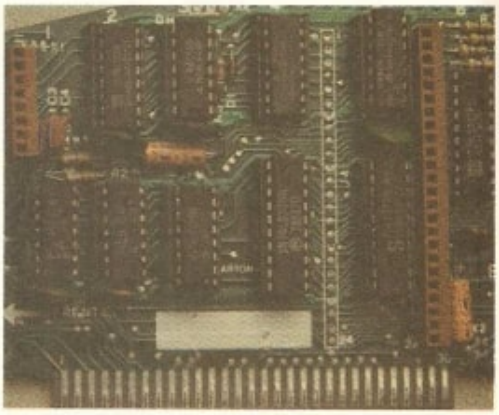
Subido por Leazeel

a hacer investigaciones que condujeron a la demostración de que existe una interrelación entre electricidad y magnetismo.

Esos descubrimientos produjeron una revolución económica e industrial, proporcionando el bienestar del que se disfruta hoy. Gracias a ellos, se disponen de televisores, teléfonos, computadores, radios, etc.

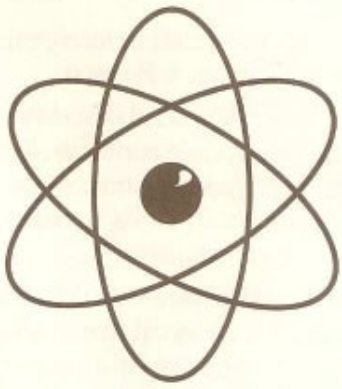
Gracias a ellos se disponen también de motores eléctricos, utilizados en un sinnúmero de equipamientos de uso diario.

Manoel Nunes/FTD


Thales Trigo/FTD

2 La carga eléctrica

La materia está formada de pequeñas partículas, los *átomos*. Cada átomo, a su vez, está constituido de partículas más pequeñas, los *protones*, los electrones y los *neutrones*. Los protones y los neutrones se localizan en la parte central del átomo y forman el *núcleo*. Los electrones giran alrededor del núcleo en la región llamada *electrósfera*. Los protones y los electrones presentan una importante propiedad física, la *carga eléctrica*. La carga eléctrica del protón y la del electrón tienen el mismo valor pero signos contrarios. La carga del protón es *positiva* y del electrón, *negativa*.



En un átomo no existe predominancia de cargas eléctricas: el número de protones es igual al número de electrones. El átomo es un sistema eléctricamente *neutro*. Mientras que, cuando pierde o gana electrones, está *electrizado*. Electrizado positivamente cuando pierde electrones y negativamente cuando recibe electrones.

Siendo la carga del electrón la menor cantidad de carga eléctrica existente en la naturaleza, ella fue tomada como carga patrón en las medidas de cargas eléctricas.

Subido por Leazeel

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de medida de carga eléctrica es el coulomb (C).

La carga del electrón, cuando se la considera en módulo, es denominada *carga elemental* y es representada con e.

carga elemental: $1,6 \cdot 10^{-19}C$
carga del electrón: $-1,6 \cdot 10^{-19}C$
carga del protón: $+1,6 \cdot 10^{-19}C$

3 Electrización de un cuerpo

El proceso de electrización de un cuerpo es semejante al de un átomo. Si en un cuerpo el número de protones es igual al número de electrones, se dice que está neutro. Cuando un cuerpo presenta una falta o un exceso de electrones, él adquiere una carga eléctrica Q, que es siempre un número entero n de electrones, de modo que:

$$Q = n \cdot e$$

Por tanto, un cuerpo electrizado puede estar:
electrizado positivamente: falta de electrones $\Rightarrow Q = +n \cdot e$
electrizado negativamente: exceso de electrones $\Rightarrow Q = -n \cdot e$

Es usual el empleo de los submúltiplos:

1 microcoulomb $\Rightarrow 1\mu C = 10^{-6}C$
1 nanocoulomb $\Rightarrow 1nC = 10^{-9}C$
1 picocoulomb $\Rightarrow 1pC = 10^{-12}C$

Problema de Aplicación

Determine el número de electrones existentes en una carga de 1 coulomb.

Solución:

Datos $\begin{cases} Q = 1,0C \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19}C \end{cases}$

De la ecuación $Q = n \cdot e$, se tiene:

$Q = n \cdot e \Rightarrow 1,0 = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow n = 6,25 \cdot 10^{18}$ electrones

Respuesta: $6,25 \cdot 10^{18}$ electrones

PROBLEMAS PROPUESTOS

718 Determine el número de electrones en falta en un cuerpo electrizado con una carga de $6,4\mu C$, siendo la carga del electrón $-1,6 \cdot 10^{-19}C$.

719 ¿Cuántos electrones en exceso posee un cuerpo electrizado con una carga de $-16nC$?

720 Un cuerpo posee $3 \cdot 10^{18}$ electrones y $4 \cdot 10^{18}$ protones. Siendo la carga eléctrica elemental $1,6 \cdot 10^{-19}C$, ¿cuál es la carga eléctrica del cuerpo?

Thales Trigo/FTD
Subido por Leazeel

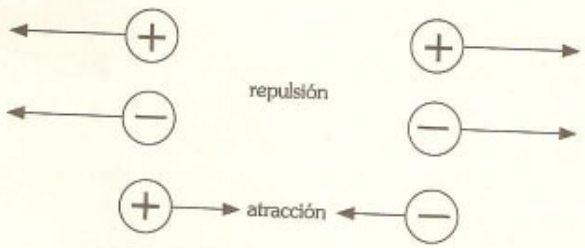
4 Principios de la electrostática

Experiencias comprueban que durante el proceso de rozamiento el número de cargas cedidas por un cuerpo es igual al número de cargas recebidas por el otro, lo que permite enunciar el *principio de la conservación de la carga eléctrica*:

> En un sistema eléctricamente aislado, la suma algebraica de las cargas eléctricas es constante.

Al aproximar dos cuerpos electrizados con la misma carga eléctrica, aparece entre ellos una fuerza eléctrica de *repulsión* y, entre los cuerpos electrizados con cargas diferentes, surge una fuerza eléctrica de *atracción*, lo que permite enunciar el *principio de atracción y repulsión de las cargas*:

> Cargas eléctricas de igual signo se repelen y de signos contrarios se atraen.



5 Conductores y aislantes

Se denomina *conductores* a las sustancias en las cuales los electrones se pueden mover con facilidad por estar unidos débilmente a los átomos.

En los conductores, los electrones más distantes del núcleo abandonan el átomo, adquiriendo libertad de movimiento. A estos electrones se denomina *electrones libres*.

En un conductor electrizado, las fuerzas de repulsión, que actúan entre las cargas del mismo signo, hacen que las cargas estén más distantes una de outra. La mayor separación posible ocurre en la superficie del cuerpo.

En un conductor electrizado, las cargas eléctricas se localizan en la superficie.

Por otro lado, se denomina *aislantes* o *dielectricos* a las sustancias en las cuales los electrones no tienen libertad de movimiento.

En los aislantes, los electrones no se mueven con facilidad, pues están fuertemente unidos con el núcleo del átomo y difícilmente podrán liberarse.

Subido por Leazeel

Esto no quiere decir que un cuerpo aislante no pueda ser electrizado. La diferencia está en que, en los aislantes, las cargas eléctricas permanecen en la región en la que aparecen, mientras que, en los conductores, se distribuyen en la superficie del cuerpo.

barra de metal electrizada

varilla de vidrio electrizado en un extremo

6 Procesos de electrización

a) Electrización por frotamiento

Cuando dos cuerpos se frotan puede ocurrir el paso de electrones de un cuerpo a otro. En este caso se dice que se produjo una *electrización por frotamiento*.

Considerando una varilla de plástico que es frotada con un pedazo de lana, ambos inicialmente neutros.

La experiencia muestra que, después del frotamiento, los cuerpos pasan a manifestar propiedades eléctricas.

En el ejemplo descrito, se produjo una transferencia de electrones de la lana a la varilla.

> En la electrización por frotamiento los dos cuerpos están cargados con cargas iguales, pero de signos contrarios.

b) Electrización por contacto

Cuando se colocan dos cuerpos conductores en contacto, uno electrizado y el otro neutro, puede haber paso de electrones de uno hacia el otro; de esta manera el cuerpo neutro se electriza.

Considerando dos esferas, una electrizada y la outra neutra:

antes del contacto

durante el contacto

después del contacto

Subido por Leazeel

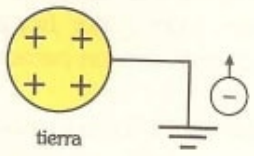
Las cargas en exceso del conductor electrizado negativamente se repelen y algunos electrones pasan al cuerpo neutro, haciendo que éste también se quede con electrones en exceso y, por lo tanto, electrizado negativamente.

> En la electrización por contacto, los cuerpos se hallan electrizados con cargas del mismo signo.

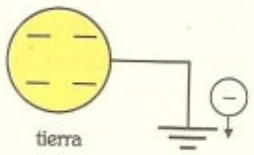
En la electrización por contacto, la suma de las cargas de los cuerpos es igual antes y después del contacto, si el sistema está eléctricamente aislado.

Si se conecta un conductor electrizado a tierra, él se descarga de una de las siguientes formas:

Los electrones de la tierra son atraídos hacia el conductor debido a la atracción de las cargas positivas.



Los electrones en exceso del conductor se deslizan hacia la tierra debido a la repulsión entre ellos.



Para los conductores de misma forma y dimensiones las cargas eléctricas de los conductores después del contacto serán iguales.

Problema de Aplicación

Se dispone de tres esferas metálicas idénticas y aisladas una de otra. Dos de ellas, A y B, están neutras, mientras que la esfera C posee una carga eléctrica Q. Se hace con que la esfera C toque primero la esfera A y luego la esfera B. Al final de ese procedimiento, ¿cuál es la carga eléctrica de las esferas A, B y C, respectivamente?

Solución:

Datos

$Q_A = 0$ $\quad Q_B = 0$ $\quad Q_C = Q$

Después el contacto de A y C:

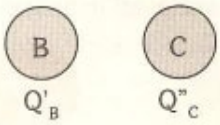
Q'_A $\quad Q'_C$

La suma de las cargas de las esferas A y C es igual antes y después del contacto. Por lo tanto:

$$Q'_A = Q'_C = \frac{Q_A + Q_C}{2} = \frac{0 + Q}{2} = \frac{Q}{2}$$

Subido por Leazeel

Después el contacto de B y C:



$$Q'_B = Q''_C = \frac{Q_A + Q'_C}{2} = \frac{0 + \frac{Q}{2}}{2} = \frac{Q}{4}.$$

Respuesta: Las cargas finales son: $Q'_A = \frac{Q}{2}$, $Q'_B = Q''_C = \frac{Q}{4}$.

PROBLEMAS PROPUESTOS

721 Se dispone de cuatro esferas metálicas idénticas y aisladas una de otra. Tres de ellas, A, B y C, están descargadas, mientras que la cuarta esfera, D, contiene carga negativa Q. Se hace con que la esfera D toque, sucesivamente, las esferas A, B y C. Determine la carga eléctrica final de la esfera D.

722 Un cuerpo A, con carga $Q_A = 8\mu C$, es colocado en contacto con otro cuerpo B, inicialmente neutro. En seguida, A y B son separados. Sabiendo que la carga del cuerpo B, después del contacto, es $5\mu C$, calcule la nueva carga del cuerpo A.

723 Responda a las siguientes cuestiones:

a) ¿Qué ocurre a un cuerpo conductor electrizado cuando entra en contacto con el suelo?

b) ¿Por qué no se consigue electrizar un cuerpo conductor por frotamiento agarrándolo directamente con la mano?

c) Los camiones que transportan combustibles poseen una cadena que se va arrastrando por el suelo. Explique la utilidad de la cadena.

c) Electrización por inducción

La electrización de un cuerpo neutro puede ocurrir por una simple aproximación de un cuerpo electrizado, sin que haya contacto entre ellos.

Considerando un conductor inicialmente neutro y una varilla electrizada negativamente. Cuando se aproxima la varilla electrizada al cuerpo neutro, sus cargas negativas repelen a los electrones libres del cuerpo neutro a las posiciones más distantes posibles.

De esa forma, el cuerpo está con falta de electrones en un extremo y con exceso de electrones en el otro.

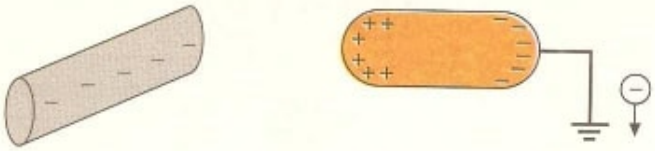
Al fenómeno de separación de cargas de un conductor, provocado por la aproximación de un cuerpo electrizado, se denomina *inducción electrostática.*

> En la inducción electrostática ocurre sólo una separación entre algunas cargas positivas y negativas del cuerpo.

Al cuerpo electrizado que provocó la inducción se denomina *inductor* y el que sufrió la inducción se llama *inducido.*

Subido por Leazeel

Si se quiere obtener en el inducido una electrización con cargas de un solo signo, basta conectarlo a tierra, en presencia del inductor.



En esa situación, los electrones libres del inducido, que están siendo repelidos por la presencia del inductor, se deslizan a tierra.

Anulándose ese contacto y separándose la varilla, el inducido estará cargado con cargas *positivas*.

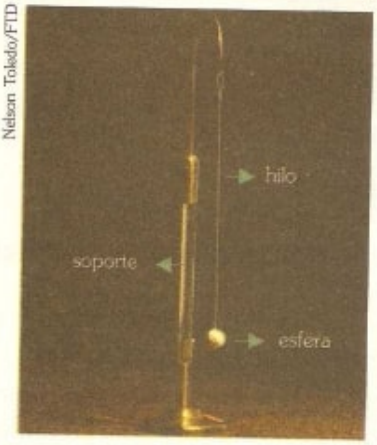
> En el proceso de la inducción electrostática, el cuerpo inducido se electrizará siempre con cargas de signo contrario al del inductor.

7 Electroscopio

El electroscopio es un aparato que se destina a indicar la existencia de cargas eléctricas, es decir, identificar si un cuerpo está electrizado.

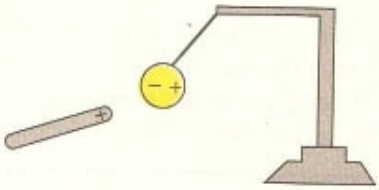
Los electroscopios más comunes son el péndulo electrostático y el electroscopio de hojas.

a) Péndulo electrostático



Nelson Toledo/FTD

Se halla compuesto de una esfera liviana y pequeña, en general de corcho o isopor, suspendida por un hilo flexible y aislante que se halla fijo a un soporte.



Para comprender su funcionamiento, se suponga que se desea saber si un determinado cuerpo está electrizado. Aproximándose el cuerpo a la esfera neutra, si estuviere electrizado ocurrirá el fenómeno de la inducción en la esfera y ella será atraída por el cuerpo en prueba.

Subido por Leazeel

Si se quiere conocer el signo de la carga que posee un cuerpo electrizado, se debe, primeramente, electrizar la esfera con una carga de signo conocido. Por ejemplo, suponiéndose que la esfera del péndulo haya sido electrizada con carga negativa, al aproximarla al cuerpo en prueba, que se sabe que está electrizado, pueden ocurrir dos casos:

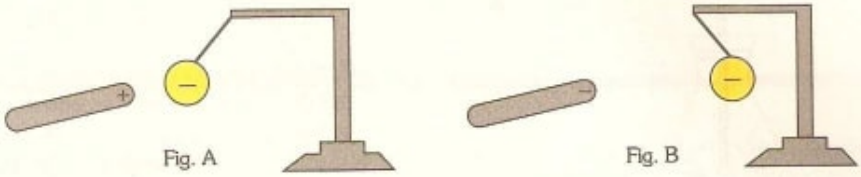
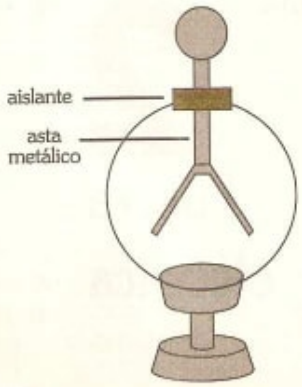


Fig. A Fig. B

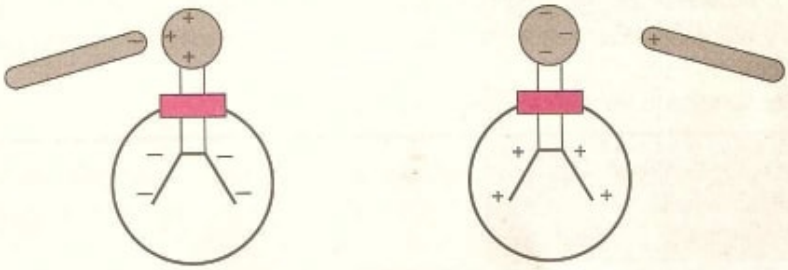
- Si la esfera es atraída, el cuerpo está electrizado con carga de signo contrario, que, en ese caso, es positiva (Fig. A).
- Si la esfera es repelida, el cuerpo está electrizado con carga del mismo signo, que, en ese caso, es negativa (Fig. B).

b) Electroscopio de hojas



Está compuesto de hojas metálicas, finas y flexibles, unidas en su parte superior a un asta que se sujeta a una esfera, ambos conductores. El aislante impide el paso de las cargas eléctricas desde las hojas metálicas al frasco y al exterior. Las hojas metálicas se mantienen en el interior de un frasco transparente, a fin de aumentar su exactitud y sensibilidad.

Al aproximar a la esfera el cuerpo que se quiere verificar si está electrizado, ocurrirá inducción electrostática, o sea: si el cuerpo está cargado negativamente, él repele a los electrones libres de la esfera hacia las láminas, haciendo que ellas se abran debido a la repulsión; si el cuerpo está con cargas positivas, él atrae a los electrones libres de las láminas, haciendo también que ellas se abran nuevamente debido a la repulsión.

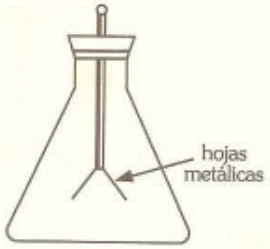


La determinación del signo de la carga en prueba, que ya se sabe que está electrizada, se obtiene cargando anteriormente el electroscopio con cargas de signos conocidos. De esa manera, las láminas tendrán una determinada abertura inicial.

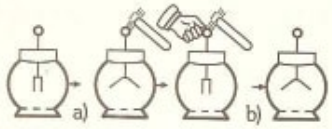
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

724 La figura ilustra un electroscopio de hojas eléctricamente cargado. Describa una forma de determinar el signo de la carga eléctrica acumulada en el electroscopio. Justifique.



725 Considere las figuras:



a) Una barra negativa se aproxima a un electroscopio descargado. Las hojas se separan. ¿Cuál es el signo de la carga que está en las hojas?
b) El extremo superior del electroscopio es tocado momentáneamente y de seguida por la mano. Después se aleja la barra. ¿Cuál es entonces el signo de la carga que existe en las hojas?

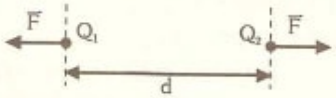
Capítulo **2**

Fuerza eléctrica

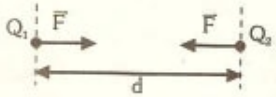
1 Ley de Coulomb

Esta ley se refiere a la intensidad de las fuerzas de atracción o de repulsión que actúan entre dos cargas eléctricas puntiformes (cargas de dimensiones despreciables), cuando se colocan una en presencia de otra.

Considerando dos cargas eléctricas puntiformes, Q_1 y Q_2, separadas a una distancia d. Se sabe que si los signos de esas cargas son iguales, ellas se repelen y, si son diferentes, se atraen.



signos iguales: repulsión



signos opuestos: atracción

Esto ocurre debido a la acción de las fuerzas de naturaleza eléctrica sobre ellas. Esas fuerzas son de acción y reacción y, por lo tanto, tienen la misma intensidad, la misma dirección y sentidos opuestos. Se debe notar también que, de acuerdo con el principio de acción y reacción, ellas son fuerzas que actúan en cuerpos diferentes y, por lo tanto, no se anulan.

Charles Coulomb verificó experimentalmente que:

> Las fuerzas de atracción o de repulsión entre dos cargas eléctricas puntiformes son directamente proporcionales al producto de las cargas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa.

La expresión matemática de dicha fuerza es:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

Donde:
F = fuerza eléctrica
k = constante electrostática
Q_1, Q_2 = cargas eléctricas
d = distancia

Subido por Leazeel

Q_1 y Q_2 son cargas eléctricas en módulo y k es la constante electrostática que, en el SI, para las cargas situadas en el vacío, se representa por k_0 y tiene un valor de:

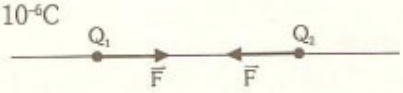
$$k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Problemas de Aplicación

1 Dos cargas puntiformes, $Q_1 = 5\mu C$ y $Q_2 = -4\mu C$, se hallan en el vacío, separadas por una distancia de 0,3m. Determine la fuerza eléctrica entre ellas. Siendo $k_0 = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$.

Solución:

Datos $\begin{cases} Q_1 = 5\mu C = 5 \cdot 10^{-6} C \\ Q_2 = -4\mu C = -4 \cdot 10^{-6} C \\ d = 0,3m \\ k_0 = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2 \end{cases}$



Como las cargas tienen signos contrarios, la fuerza eléctrica es de atracción y su intensidad está dada por la Ley de Coulomb:

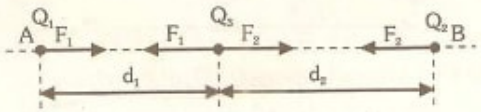
$$F = k_0 \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \Rightarrow F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2} \Rightarrow F = 2N$$

Respuesta: Fuerza de atracción de 2N.

2 Dos cargas puntiformes, Q_1 y Q_2, están fijas en los puntos A y B, y distan entre sí 0,4m, en el vacío. Siendo $Q_1 = 2\mu C$, $Q_2 = 8\mu C$ y $k_0 = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$, determine la intensidad de la fuerza eléctrica resultante sobre una carga $Q_3 = -3\mu C$, colocada a 0,1m de A, sobre la recta AB.

Solución:

Datos $\begin{cases} Q_1 = 2\mu C = 2 \cdot 10^{-6} C \\ Q_2 = 8\mu C = 8 \cdot 10^{-6} C \\ Q_3 = -3\mu C = -3 \cdot 10^{-6} C \\ d_1 = 0,1m \\ d_2 = 0,3m \\ k_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2 \end{cases}$



- Cálculo de la fuerza de atracción F_1:

$$F_1 = k_0 \frac{Q_1 \cdot Q_3}{d_1^2} \Rightarrow F_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(0,1)^2} \Rightarrow F_1 = 5,4\ N$$

- Cálculo de la fuerza de atracción F_2:

$$F_2 = k_0 \frac{Q_2 \cdot Q_3}{d_2^2} \Rightarrow F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2} \Rightarrow F_2 = 2,4\ N$$

- Cálculo de la fuerza resultante sobre Q_3:

$$F_R = F_1 - F_2 \Rightarrow F_R = 5,4 - 2,4 \Rightarrow F_R = 3N$$

Respuesta: 3N

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

726 Dos cargas eléctricas puntiformes de $5 \cdot 10^{-5}$C y $0{,}3 \cdot 10^{-6}$C, en el vacío, están separadas entre sí a una distancia de 5cm. Calcule la intensidad de la fuerza de repulsión entre ellas.

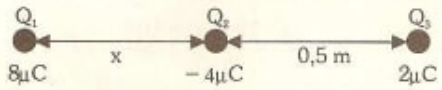
727 La intensidad de la fuerza entre dos cargas eléctricas puntiformes iguales, situadas en el vacío a 2m de distancia una de otra, es de 202,5N. ¿Cuál es el valor de las cargas?

728 Una pequeña esfera recibe una carga de 40μC y otra esfera, de igual diámetro, localizada a 20cm de distancia, recibe una carga de −10μC.

a) ¿Cuál es la fuerza de atracción entre ellas?

b) Al colocar las esferas en contacto y separándolas a 5cm, determine la nueva fuerza de interacción eléctrica entre ellas.

729 Las cargas de la figura están ubicadas en el vacío. Halle el valor de x para que la carga Q_2 esté en equilibrio bajo la acción exclusiva de las fuerzas electrostáticas. Las cargas Q_1 y Q_3 están fijas.



730 Las cargas eléctricas $Q_1 = 2\mu C$, $Q_2 = 4\mu C$ y $Q_3 = 5\mu C$ están situadas en el vacío. Determine la intensidad de la fuerza resultante que actúa sobre las cargas:

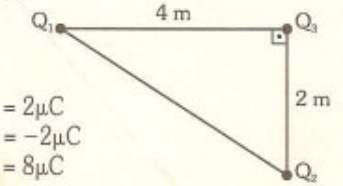
a) Q_2 b) Q_3

731 En la figura, las cargas Q_A, Q_B y Q_C son iguales. Q_B ejerce sobre Q_C una fuerza de $3 \cdot 10^{-6}$N de intensidad. Determine:

a) la intensidad de la fuerza que Q_C ejerce en Q_B;

b) la intensidad de la fuerza que Q_A ejerce en Q_C.

732 Determine la intensidad de la resultante de las fuerzas producidas por las cargas Q_1 y Q_2 sobre la carga Q_3, cuando se hallan en el vacío, conforme indica la figura.



Datos $\begin{cases} Q_1 = 2\mu C \\ Q_2 = -2\mu C \\ Q_3 = 8\mu C \end{cases}$

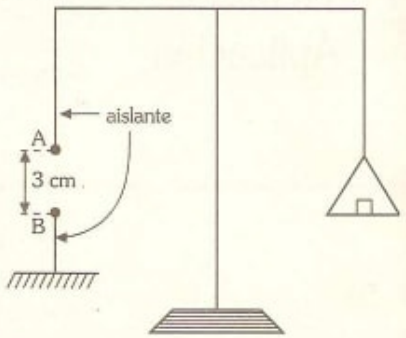
733 Uno de los platillos de una balanza en equilibrio es una esfera electrizada A. Se aproxima a A una esfera B con igual carga pero con signo contrario. El equilibrio se restablece, colocándose una masa de 2,5g en el platillo de la balanza. La figura ilustra la situación.

Constante: $k = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$

Adopte $g = 10m/s^2$.

a) ¿Cuál es la intensidad de la fuerza eléctrica?

b) ¿Cuál es el valor de la carga de A?



734 Dos esferitas idénticas, pintadas con pintura metálica, están cargadas. Cuando están alejadas a $4 \cdot 10^{-2}$m, ellas se atraen con una fuerza de $27 \cdot 10^{-5}$N. Se aproxima una a otra, sin tocarlas con las manos. Al separarlas nuevamente hasta una distancia de $4 \cdot 10^{-2}$m, ellas se repelen con una fuerza de $9 \cdot 10^{-5}$N.

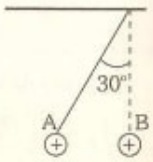
a) Explique por qué la fuerza cambia de atractiva a repulsiva.

b) Determine las cargas de las bolitas antes y después de que se toquen, considerando que una de las cargas, antes del contacto, era positiva y el triple de la otra, y que $k = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$.

735 Una bolita A, cargada positivamente, está colgada de un punto P, por medio de un hilo de seda. Con una varilla aislante se aproxima a A otra bolita B, también cargada positivamente. Cuando las dos bolitas están en la posición indicada en la figura, ellas permanecen en equilibrio, siendo AB dirección horizontal y BP vertical. Siendo $\vec{F}$ la fuerza eléctrica que B ejerce sobre A, $\vec{W}$ el peso de A y $\vec{T}$ la fuerza ejercida por el hilo sobre A:

a) reproduzca en el cuaderno la figura e indique las fuerzas $\vec{F}$, $\vec{W}$ y $\vec{T}$.

b) Siendo $|W| = 2N$, ¿cuál es el valor de $\vec{F}$?

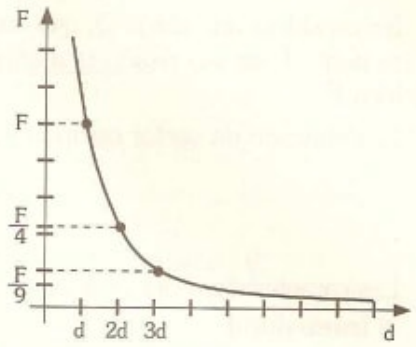


Subido por Leazeel

2 Representación gráfica de la Ley de Coulomb

Al representar la fuerza de interacción eléctrica en función de la distancia entre dos cargas puntiformes, se obtiene un gráfico a que se denomina hipérbola, como se indica en la figura.

d	F
2d	$\frac{F}{4}$
3d	$\frac{F}{9}$
⋮	⋮



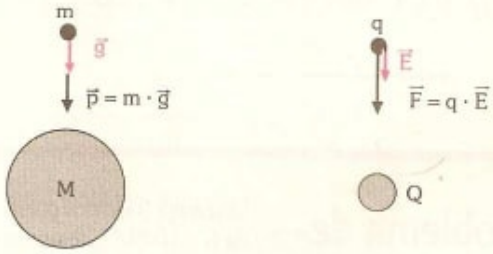
Capítulo

3 Campo eléctrico

1 Introducción

El concepto de campo eléctrico se puede presentar haciendo una analogía de campo eléctrico con el campo gravitacional creado por la Tierra.

La masa M de la Tierra crea alrededor de sí un campo gravitacional $\vec{g}$. Un cuerpo de masa m en la proximidad de la Tierra está sujeto a una fuerza de atracción gravitacional, la fuerza peso, mientras dura la acción de $\vec{g}$ sobre m.



Una carga Q origina alrededor de sí un campo eléctrico $\vec{E}$. Una carga de prueba q colocada en esa región está sujeta a la acción de una fuerza eléctrica $\vec{F}$.

Es importante destacar que el campo eléctrico es una propiedad de los puntos de la región influenciada por la presencia de la carga eléctrica Q, no dependiendo, para su existencia, de la presencia de la carga de prueba q en esos puntos. La carga de prueba q se utiliza solamente para la verificación de la existencia del campo eléctrico en un determinado punto de la región.

Por lo tanto:

> Existe una *región de influencia de la carga Q* donde cualquier carga de prueba q, que en ella se coloque, estará bajo la acción de una fuerza de origen eléctrica. A esa región se denomina *campo eléctrico*.

Subido por Leazeel

2 Vector campo eléctrico

Se considera una carga Q, que crea alrededor de sí un campo eléctrico. Se coloca en un punto P de esa región una carga de prueba q, que se halla sujeta a una fuerza eléctrica $\vec{F}$.

La definición de vector campo eléctrico $\vec{E}$ está dada por la expresión:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Las características del vector campo eléctrico son:

a) **Intensidad**

Está dada por: $E = \frac{F}{q}$.

La unidad de medida de E en el Sistema Internacional es $\frac{N}{C}$.

b) **Dirección**

El vector $\vec{E}$ tiene la misma dirección que la fuerza $\vec{F}$.

c) **Sentido**

Analizando la expresión $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$, se puede asociar el sentido del campo eléctrico con el de la fuerza eléctrica de la siguiente forma:

• Si $q > 0$, $\vec{E}$ y $\vec{F}$ tienen el mismo sentido. • Si $q < 0$, $\vec{E}$ y $\vec{F}$ tienen sentidos contrarios.

Problema de Aplicación

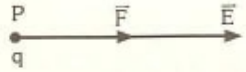
Un campo eléctrico presenta en un punto P de una región una intensidad de $6 \cdot 10^5$N/C, dirección horizontal y sentido de izquierda a derecha. Determine la intensidad, la dirección y el sentido de la fuerza eléctrica que actúa sobre una carga puntiforme q, colocada en el punto P, en los siguientes casos:

a) $q = 2\mu C$

b) $q = -3\mu C$

Solución:

a) Datos $\begin{cases} E = 6 \cdot 10^5 N/C \\ q = 2\mu C = 2 \cdot 10^{-6} C \end{cases}$

Esquema: 

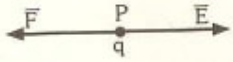
Intensidad: $F = qE \Rightarrow F = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^5 \Rightarrow F = 1{,}2N$

Dirección: horizontal

Sentido: como $q > 0$, $\vec{F}$ tiene el mismo sentido que $\vec{E}$.

Subido por Leazeel

b) Datos $\begin{cases} E = 6 \cdot 10^5 N/C \\ q = -3\mu C = -3 \cdot 10^{-6} C \end{cases}$

Esquema: 

Intensidad: $F = qE \Rightarrow F = -3 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^5 \Rightarrow F = -1{,}8N$ o $|F| = 1{,}8N$

Dirección: horizontal

Sentido: como $q < 0$, $\vec{F}$ tiene sentido contrario a $\vec{E}$.

Respuesta: Vea solución.

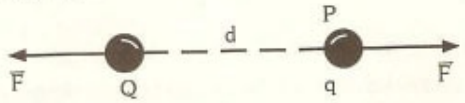
PROBLEMAS PROPUESTOS

736 Una carga de prueba $q = -3\mu C$ colocada en presencia de un campo eléctrico $\vec{E}$ está sujeta a una fuerza eléctrica de 9N de intensidad, horizontal de derecha a izquierda. Determine las características del vector campo eléctrico $\vec{E}$.

737 Sobre una carga de 4C, situada en un punto P, actúa una fuerza de 8N. Si se sustituye la carga de 4C por otra de 5C, ¿cuál será la intensidad de la fuerza sobre esa carga cuando es colocada en el punto P?

3 Campo eléctrico de una carga puntiforme

Considerando una carga puntiforme Q, fija, que origina un campo eléctrico de tal forma que una carga de prueba q, colocada en él, en un punto P, a una distancia d de la carga creadora de campo, se halla sujeta a una fuerza $\vec{F}$, cuya intensidad se puede calcular por la ley de Coulomb.



$$F = k_0 \frac{Q \cdot q}{d^2}$$

El campo eléctrico en el punto P está dado por:

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E = \frac{k_0 \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2}}{q} \Rightarrow \boxed{E = k_0 \frac{Q}{d^2}}$$

Q es el módulo de la carga eléctrica.

Al analizar la expresión anterior, se concluye que el vector campo eléctrico en un punto es *independiente* de la carga de prueba colocada en él.

Las características del vector $\vec{E}$, determinado por la carga Q creadora de campo, son:

a) **Intensidad**

Está dada por $E = k_0 \frac{Q}{d^2}$.

b) **Dirección**

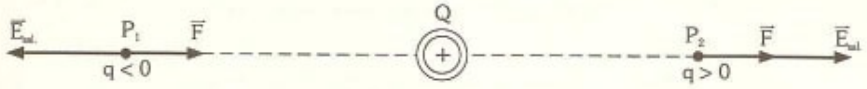
De la recta que une el punto P a la carga Q.

c) **Sentido**

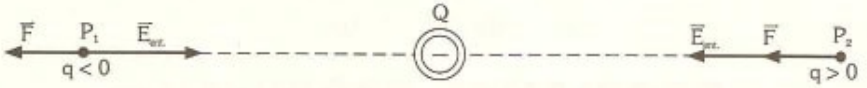
El sentido del vector campo eléctrico depende del signo de la carga que origina el campo.

Subido por Leazeel

Cuando la carga creadora de campo es positiva, el campo eléctrico producido será siempre *saliente*, como se puede verificar al colocar las cargas de prueba de diferentes signos en los puntos P_1 y P_2.



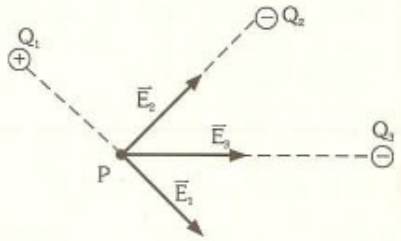
Cuando la carga creadora de campo es negativa, el campo eléctrico producido será siempre *entrante*, como se indica en el esquema.



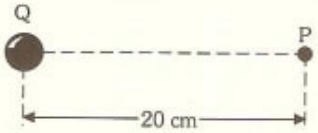
4 Campo eléctrico de varias cargas puntiformes

El vector campo eléctrico resultante $\vec{E}_R$ en un punto P de una región donde existen varias cargas puntiformes está dado por la suma vectorial de los vectores originados por cada carga en el punto P.

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$



Problemas de Aplicación



1 Una carga $Q = -4\mu C$, fija, se halla en el vacío, como se indica en la figura.

Determine, en un punto P, a 20cm de la carga:

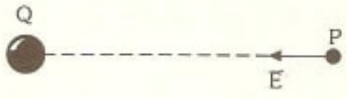
a) la intensidad, la dirección y el sentido del campo eléctrico;

b) la intensidad, la dirección y el sentido de la fuerza eléctrica que actúa en una carga $q = 5\mu C$, colocada en el punto P.

Solución:

a) Datos
$$\begin{cases} Q = -4\mu C = -4 \cdot 10^{-6} C \therefore |Q| = 4 \cdot 10^{-6} C \\ d = 20cm = 0{,}2m \\ k_0 = 9 \cdot 10^9 \ \frac{Nm^2}{C^2} \end{cases}$$

Esquema:

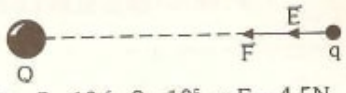


Intensidad: $E = k_0 \frac{Q}{d^2} \Rightarrow E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(0{,}2)^2} = 9 \cdot 10^5 N/C$

Dirección: de la recta que pasa por Q y P.
Sentido: el campo es entrante, esto es, hacia la izquierda.

Subido por Leazeel

b) siendo: $q = 5\mu C = 5 \cdot 10^{-6}C$



Intensidad: $F = qE \Rightarrow F = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^{5} \Rightarrow F = 4{,}5N$

Dirección: la misma de $\vec{E}$.

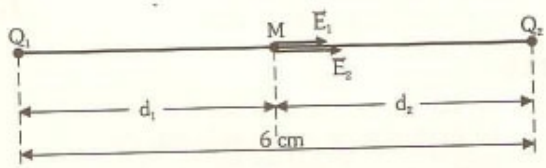
Sentido: el mismo de $\vec{E}$.

Respuesta: Vea solución.

2 Dos cargas eléctricas puntiformes de $4\mu C$ y $-5\mu C$ están fijas y separadas, en el vacío, a una distancia de 6cm. Determine la intensidad del vector campo eléctrico en el punto medio M del segmento que une las cargas.

Solución:

Datos
$$\begin{cases} Q_1 = 4\mu C = 4 \cdot 10^{-6}C \\ Q_2 = -5\mu C = -5 \cdot 10^{-6}C \\ d = 6cm = 6 \cdot 10^{-2}m \\ d_1 = d_2 = 3 \cdot 10^{-2}m \\ k_0 = 9 \cdot 10^{9}Nm^2/C^2 \end{cases}$$



- Cálculo de la intensidad del campo eléctrico saliente $\vec{E}_1$:

$$E_1 = k_0\frac{Q_1}{d_1^2} = 9 \cdot 10^{9} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 4 \cdot 10^{7}N/C$$

- Cálculo de la intensidad del campo eléctrico entrante $\vec{E}_2$:

$$E_2 = k_0\frac{Q_2}{d_2^2} = 9 \cdot 10^{9} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 5 \cdot 10^{7}N/C$$

- Cálculo de la intensidad del campo eléctrico resultante $\vec{E}$:

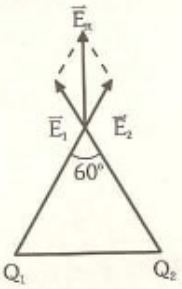
$$E = E_1 + E_2 \Rightarrow E = 4 \cdot 10^{7} + 5 \cdot 10^{7} = 9 \cdot 10^{7}N/C$$

Respuesta: $9 \cdot 10^{7}N/C$

3 En dos vértices de un triángulo equilátero de 0,3m de lado se encuentran dos cargas positivas $Q = 4\mu C$. Determine las características del vector campo eléctrico resultante en el otro vértice.

Solución:

Esquema:



Datos
$$\begin{cases} Q_1 = Q_2 = Q = 4\mu C = 4 \cdot 10^{-6}C \\ d_1 = d_2 = d = 0{,}3m \\ k_0 = 9 \cdot 10^{9}Nm^2/C^2 \end{cases}$$

Los campos $\vec{E}_1$ y $\vec{E}_2$ son salientes; luego:

$$E_1 = E_2 = k_0\frac{Q}{d^2} \Rightarrow E_1 = E_2 = 9 \cdot 10^{9} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(0{,}3)^2} \Rightarrow E_1 = E_2 = 4 \cdot 10^{5}N/C$$

Las características del vector campo resultante $\vec{E}$ son:

- Intensidad

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos 60^\circ} \Rightarrow E = \sqrt{(4 \cdot 10^{5})^2 + (4 \cdot 10^{5})^2 + 2 \cdot 4 \cdot 10^{5} \cdot 4 \cdot 10^{5} \cdot \frac{1}{2}}$$

$$E_R = 4\sqrt{3} \cdot 10^{5}N/C$$

- Dirección: vertical
- Sentido: hacia arriba

Respuesta: El vector campo eléctrico resultante tiene un módulo de $4\sqrt{3} \cdot 10^{5}N/C$, dirección vertical y sentido hacia arriba.

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

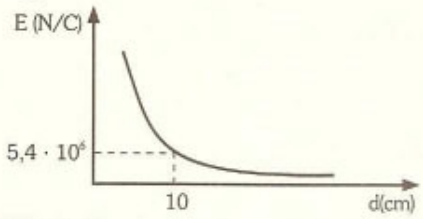
738 Una carga puntual Q, negativa, genera en el espacio un campo eléctrico. En un punto P, a 0,5m de ella, el campo tiene una intensidad de $14,4 \cdot 10^6$N/C. Siendo el medio el vacío, donde $k_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$, determine el valor de Q.

739 Se considera una carga puntiforme, fija, de $-5\mu C$, en el vacío.

a) Determine el vector campo eléctrico creado por esa carga en un punto A localizado a 0,2m de la carga.

b) Determine el vector fuerza eléctrica que actúa sobre una carga de $4\mu C$, colocada en el punto A.

740 El diagrama representa la intensidad del campo eléctrico originado por una carga Q, puntiforme, fija en el vacío, en función de la distancia a la carga.



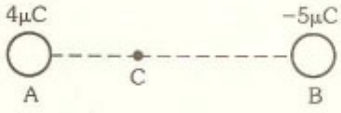
Determine:

a) el valor de la carga Q que origina el campo;

b) la intensidad del campo eléctrico en un punto P, situado a 50cm de la carga Q;

c) la intensidad de la fuerza eléctrica que actúa en una carga $q = 2 \cdot 10^{-10}$C, colocada en el punto P.

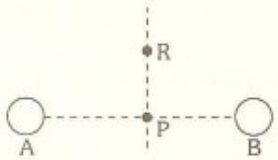
741 Dos cargas puntiformes de $4\mu C$ y $-5\mu C$ se hallan fijas en los puntos A y B, ubicadas en el vacío, como se indica en la figura. Sabiendo que $\overline{AC} = 20$cm y $\overline{CB} = 30$cm, determine la intensidad del vector campo eléctrico en el punto C.



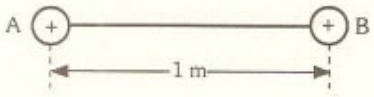
742 Se tienen dos pequeñas esferas conductoras, A y B, descargadas y aisladas una de otra. Sus centros se hallan distantes entre sí 20cm. Cerca de $5 \cdot 10^6$ electrones se retiran de la esfera A y se transfieren a la esfera B. Considere la carga del electrón igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$C y la constante electrostática $9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$.

a) ¿Cuál es el valor del campo eléctrico en P?

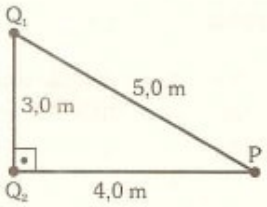
b) ¿Cuál es la dirección del campo eléctrico en un punto R sobre la mediatriz del segmento AB?



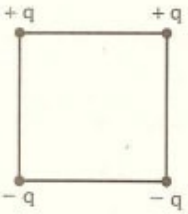
743 La figura representa dos puntos, A y B, de una recta, que se hallan a 1m. Dos cargas del mismo signo se colocan en esos puntos. Siendo la carga colocada en A cuatro veces mayor que la colocada en B, determine el punto donde el campo eléctrico resultante es nulo.



744 Dos cargas puntiformes, $Q_1 = 50 \cdot 10^{-9}$C y $Q_2 = 32 \cdot 10^{-9}$C, están colocadas en los vértices de un triángulo rectángulo, como se ilustra en la figura. Determine la intensidad del vector campo eléctrico resultante en el punto P.



745 En los vértices de un cuadrado de 10cm de lado se colocan cuatro cargas de módulos iguales a $2\mu C$, como se indica en la figura. Determine la intensidad del vector campo eléctrico resultante en el centro del cuadrado.

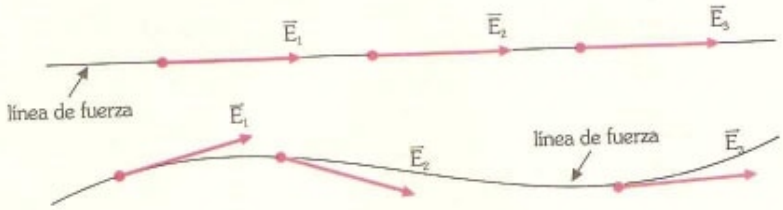


Subido por Leazeel

5 Líneas de fuerza

El vector campo eléctrico $\vec{E}$ permite obtener el valor del campo eléctrico de cualquier punto, pero no ofrece de inmediato una visión amplia del campo eléctrico alrededor de un cuerpo electrizado. Para eso se recurre a las líneas de fuerza.

Por definición, *línea de fuerza* es una línea imaginaria, tangente al vector campo eléctrico en cada uno de sus puntos. Está orientada para el mismo sentido que el vector $\vec{E}$.

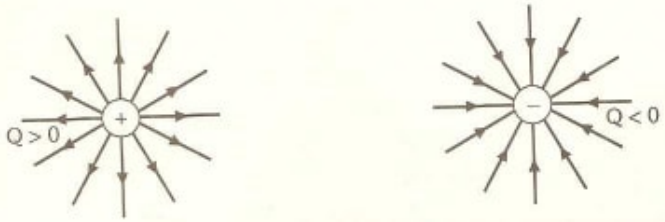


Por un punto P de un campo eléctrico no pueden pasar dos líneas de fuerza; por lo tanto, dos líneas de fuerza no se pueden cruzar.

Se denomina *espectro* del campo a la representación gráfica de un campo eléctrico, o sea, de sus líneas de fuerza.

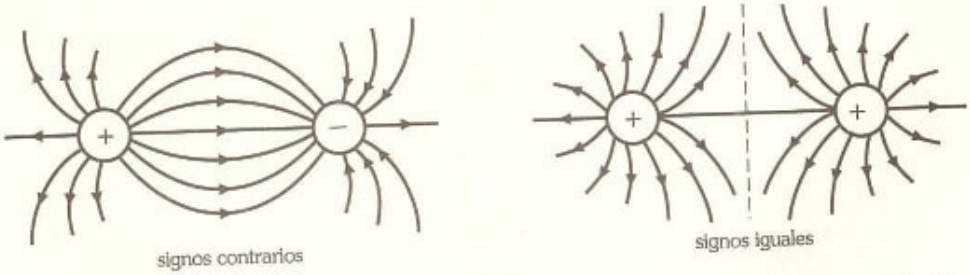
Las figuras siguientes ilustran algunos tipos de campos eléctrico y sus espectros.

a) Carga puntiforme



Es el campo eléctrico variable que disminuye a medida que se aleja de la carga creadora del campo.

b) Dos cargas puntiformes e iguales



El campo eléctrico es resultante de los campos creados por cada carga, individualmente.

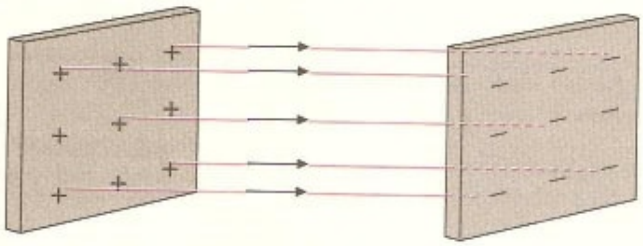
Se debe notar que, en la región donde las líneas de fuerza están más próximas, el campo eléctrico es más intenso, o sea, hay mayor densidad de las líneas de fuerza.

Subido por Leazeel

c) Campo eléctrico uniforme

Es aquél en el que el vector campo eléctrico $\vec{E}$ es constante en todos los puntos del campo, es decir, tienen siempre la misma intensidad, la misma dirección y el mismo sentido.

En un campo uniforme las líneas de fuerza son rectas paralelas. Es el caso del campo eléctrico entre dos placas metálicas paralelas, electrizadas con cargas de signos contrarios.



El vector $\vec{E}$ es constante, perpendicular a las placas y orientado de la placa positiva a la negativa.

Problema de Aplicación

Dos placas metálicas paralelas electrizadas con cargas de signos contrarios, se hallan en el vacío a 10cm de distancia una de otra. El campo eléctrico producido por las placas tiene una intensidad de $6 \cdot 10^7$N/C. Una carga eléctrica puntiforme de 2μC y $5 \cdot 10^{-6}$kg de masa es abandonada en la placa positiva. Despreciando la fuerza de atracción gravitacional sobre la carga eléctrica, determine:

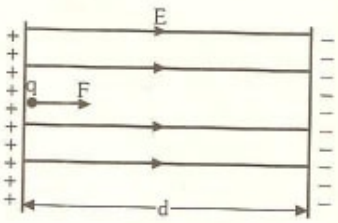
a) la fuerza que actúa sobre la carga eléctrica;

b) la aceleración de la carga eléctrica;

c) la velocidad con que la carga eléctrica alcanza la placa negativa.

Solución:

Esquema:



$$\text{Datos} \begin{cases} E = 6 \cdot 10^7 \text{N/C} \\ d = 10\text{cm} = 0{,}1\text{m} \\ q = 2\mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ m = 5 \cdot 10^{-6}\text{kg} \\ v_0 = 0 \end{cases}$$

a) Cálculo de F:

$$F = q \cdot E = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^7 = 120 \therefore F = 120\text{N}$$

b) Cálculo de a:

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{120}{5 \cdot 10^{-6}} = 24 \cdot 10^6 \therefore a = 24 \cdot 10^6 \text{m/s}^2$$

c) Cálculo de v:

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \Rightarrow v^2 = 0 + 2 \cdot 24 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1$$

$$v = \sqrt{4{,}8 \cdot 10^6}$$

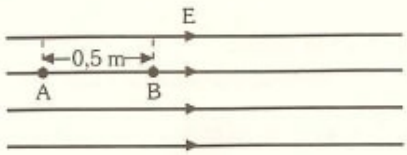
$$\therefore v \simeq 2{,}2 \cdot 10^3 \text{m/s}$$

Respuesta: a) 120N b) $24 \cdot 10^6$m/s^2 c) $= 2{,}2 \cdot 10^3$m/s

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

746 Una carga eléctrica puntiforme de $4\mu C$ y $2 \cdot 10^{-6}$kg de masa es abandonada, en reposo, en un punto A de un campo eléctrico uniforme de $16 \cdot 10^5$N/C de intensidad, como se indica en la figura.



Determine:

a) la intensidad de la fuerza que actúa sobre la carga eléctrica;

b) la velocidad de la carga al pasar por B;

c) el tiempo que emplea la carga para ir de A hasta B.

747 Una partícula de agua, de $0{,}8 \cdot 10^{-9}$kg de masa, electrizada con una carga $q = 16 \cdot 10^{-19}$C, está en equilibrio en el interior de un campo eléctrico uniforme de placas paralelas y horizontales. Considere $g = 10\text{m/s}^2$.

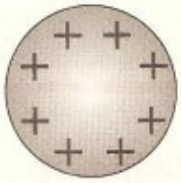
a) Represente las líneas de fuerza de ese campo.

b) Calcule la intensidad del campo eléctrico entre las placas.

748 Un cilindro de vidrio transparente posee en su interior, en la base inferior, una esfera electrizada en reposo, cuya carga es $Q = 8\mu C$. Una segunda esfera, de carga $q = 2\mu C$ y $9 \cdot 10^{-1}$N de peso, es introducida en la abertura superior del cilindro y se mantiene en equilibrio en estado de reposo. Considerando $k = 9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$ y $g = 10\text{m/s}^2$, determine la distancia que separa los centros de las esferas.

6 Campo de un conductor electrizado en equilibrio

Cuando se electriza un conductor, cualquiera sea su forma, con una cantidad de carga Q, la repulsión entre las cargas elementales hace que ellas se sitúen lo más lejos posible unas de otras. Como se ha visto, eso corresponde a una distribución de cargas en la superficie del conductor, donde ellas están en equilibrio.



> Un conductor electrizado está en equilibrio electrostático cuando en él no ocurre movimiento ordenado de cargas eléctricas.

Experiencias realizadas con la esfera hueca de Coulomb comprueban que las cargas se distribuyen en la superficie de los conductores en equilibrio electrostático.

El cuerpo de prueba no se electriza cuando toca la parte interna de la esfera electrizada.

> El campo eléctrico en el interior de un conductor electrizado en equilibrio es nulo, cualquiera sea la forma del cuerpo.

Subido por Leazeel

7 Campo eléctrico de un conductor esférico

Considerando una esfera conductora de radio r, hueca o maciza, cargada positivamente con una carga Q. Se demuestra que la intensidad del vector campo eléctrico creado por esa esfera está dada por:

$E_{int} = 0$ → campo interno

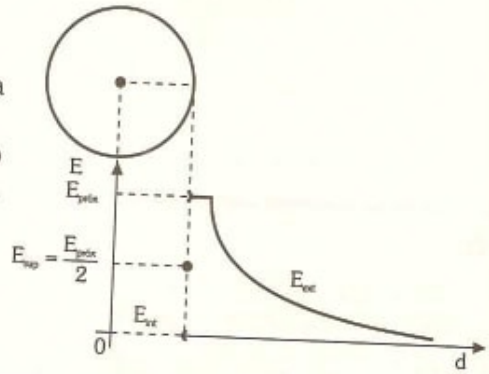
$E_{sup} = \frac{1}{2} k \cdot \frac{Q}{r^2}$ → campo en la superficie de la esfera

$E_{próx} = k \cdot \frac{Q}{r^2}$ → campo infinitamente próximo a la esfera

$E_{ext} = k \cdot \frac{Q}{d^2}$ → campo externo a la esfera

Se admite que toda la carga de la esfera está concentrada en su centro.

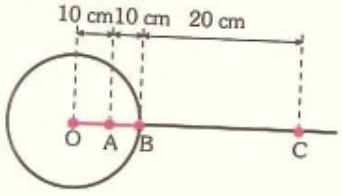
Se puede relacionar ese campo eléctrico en función de la distancia a través del gráfico.



Problema de Aplicación

Considerando una esfera conductora de 20cm de radio. Ella se halla cargada electrostáticamente con una carga de 4μC. Determine la intensidad del vector campo eléctrico en los puntos A, B y C que se indican en la figura.

Datos
- $Q = 4\mu C = 4 \cdot 10^{-6} C$
- $d_A = 10cm = 0,1m$
- $d_B = 20cm = 0,2m$
- $d_c = 40cm = 0,4m$
- $k_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$



Solución:

- Cálculo de E_A (punto interno): $E_A = 0$
- Cálculo de E_B (punto en la superficie)

$$E_B = \frac{1}{2} k \cdot \frac{Q}{d_B^2} = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(0,2)^2} = 4,5 \cdot 10^5$$

- Cálculo de E_C (punto externo)

$$E_C = k \cdot \frac{Q}{d_C^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(0,4)^2} = 2,25 \cdot 10^5$$

Respuesta: $E_A = 0$, $E_B = 4,5 \cdot 10^5 N/C$ y $E_C = 2,25 \cdot 10^5 N/C$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

749 Una esfera conductora de 0,2m de radio tiene una carga de $-6\mu C$. Determine la intensidad del campo eléctrico en los puntos A, B y C, situados a 0,1m, 0,2m y 0,6m, respectivamente, del centro de la esfera.

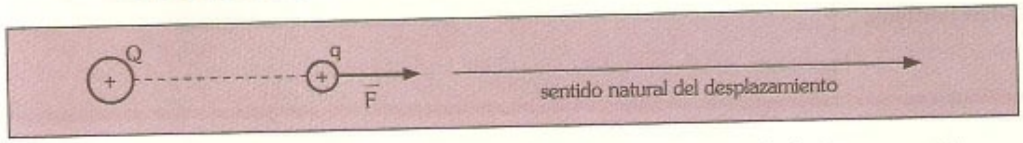
750 En un punto situado a 3m del centro de una esfera de 1m de radio, electrizada positivamente, localizada en el vacío, el vector campo eléctrico tiene $8 \cdot 10^5 N/C$. Determine la carga eléctrica distribuida en la superficie de la esfera.

Capítulo **4**

Trabajo y potencial eléctrico

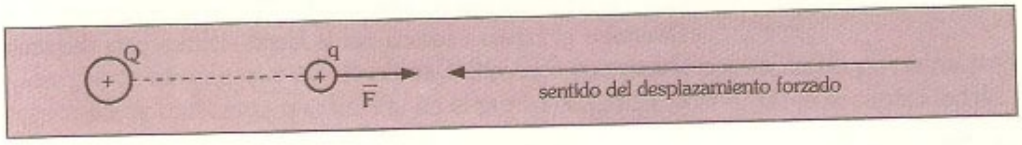
1 Trabajo de la fuerza eléctrica

Considerando la existencia de un campo eléctrico creado por una carga fija Q. Si en un punto cualquiera de ese campo se abandona una carga de prueba q, sobre ella actuará una fuerza de naturaleza eléctrica $\vec{F}$, que tiende a desplazarla espontáneamente en su dirección y sentido.



La fuerza eléctrica $\vec{F}$, al desplazar la carga q en el sentido de la fuerza, realiza un trabajo motor ($\tau > 0$).

Si se quiere aproximar a la carga fija Q una carga de prueba q del mismo signo, o alejar una de signo contrario, se debe realizar un trabajo contra las fuerzas de campo, para colocar la carga de prueba q en una posición no natural.



Se dice, entonces, que la fuerza eléctrica realiza un trabajo resistente ($\tau < 0$), pues ella es contraria al sentido del desplazamiento.

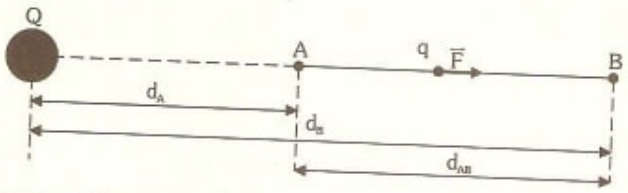
En esas condiciones, la carga q almacena el trabajo en forma de *energía potencial*, pudiendo restituirlo en el desplazamiento inverso espontáneamente. Esa es una característica de los campos conservativos.

> La fuerza eléctrica es una *fuerza conservativa*, pues todo trabajo ejecutado para vencerla no se pierde; queda almacenado bajo la forma de energía.

Subido por Leazeel

2 Expresión del trabajo de la fuerza eléctrica

Considerando un campo eléctrico creado por una carga fija Q y una carga de prueba q que se desplaza de un punto A a un punto B debido a la acción de la fuerza eléctrica.



Si la fuerza eléctrica $\vec{F}$ que actúa en la carga de prueba q es constante, el trabajo realizado estaría dado por la expresión general $\tau = F \cdot d_{AB}$.

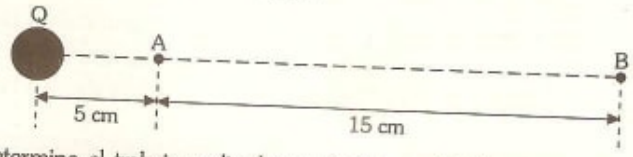
Pero, siendo la fuerza eléctrica variable con la distancia, el trabajo realizado en el desplazamiento de A a B está dado por la expresión:

$$\tau_{AB} = q \cdot k_0 \cdot Q \cdot \left(\frac{1}{d_A} - \frac{1}{d_B}\right)$$

Se debe observar que el trabajo de la fuerza eléctrica $\vec{F}$ no depende de la trayectoria, sino sólo de los puntos inicial A y final B. Esa es una característica de las fuerzas conservativas.

Problema de Aplicación

Considerando un campo eléctrico creado por la carga puntiforme $Q = 2\mu C$, que se halla en el vacío.

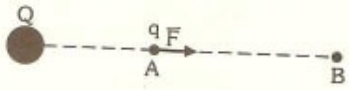


Determine el trabajo realizado por la fuerza eléctrica para desplazar una carga $q = 10 \cdot 10^{-8}C$ de A a B.

Solución:

Datos:
- $Q = 2\mu C = 2 \cdot 10^{-6}C$
- $q = 10 \cdot 10^{-8}C$
- $k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$
- $d_A = 5cm = 0{,}05m$
- $d_B = 20cm = 0{,}2m$

Esquema



$$\tau_{AB} = q \cdot k_0 \cdot Q\left(\frac{1}{d_A} - \frac{1}{d_B}\right) \Rightarrow \tau_{AB} = 10 \cdot 10^{-8} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}\left(\frac{1}{0{,}05} - \frac{1}{0{,}2}\right)$$

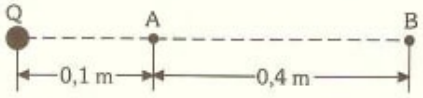
$$\tau_{AB} = 2{,}7 \cdot 10^{-2}J$$

Respuesta: $2{,}7 \cdot 10^{-2}J$

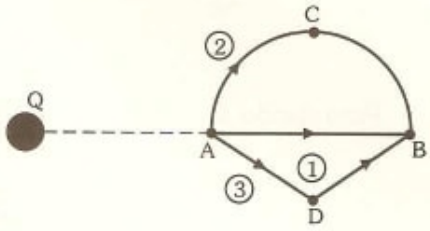
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

751 Considerando un campo eléctrico creado por la carga puntiforme Q = 4μC, en el vacío. Sabiendo que el trabajo realizado por la fuerza eléctrica para llevar una carga q del punto A hasta el punto B es 5,76J, determine q.

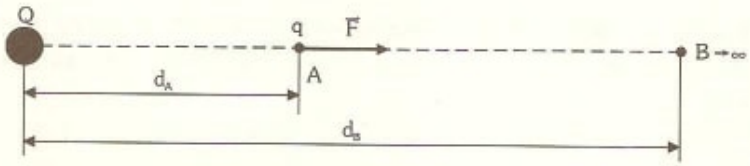


752 Los puntos A, B, C y D están en el campo eléctrico de una carga puntiforme Q fija. Al transportarse una carga de prueba q de A hasta B por el camino ①, las fuerzas eléctricas realizan un trabajo τ. Determine el trabajo realizado por las fuerzas eléctricas para transportar la misma carga q de A hasta B, en las condiciones anteriores, por los caminos ② y ③.



3 Energía potencial eléctrica

Suponiendo el punto B infinitamente alejado de la carga fija creadora del campo.



En ese caso, la distancia d_B tiende al infinito. Luego $\left(\frac{1}{d_B}\right) = 0$.

La expresión del trabajo de la fuerza eléctrica para desplazar una carga de un punto A hasta el infinito está dada por:

$$\tau_{A,\infty} = q \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{d_A}$$

Se puede afirmar que ese es el mayor trabajo que puede ser realizado por la fuerza eléctrica sobre una carga q colocada en el punto A. Como la energía es la capacidad de realizar trabajo, se concluye que la energía potencial eléctrica adquirida por la carga q, en el punto A, es igual al trabajo realizado para desplazarse esa carga de ese punto al infinito.

$$E_{P_A} = q \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{d_A}$$

En base a la definición de energía potencial, el trabajo realizado por la fuerza eléctrica puede ser medido por la diferencia de energía potencial eléctrica entre los puntos A y B. Por lo tanto:

$$\tau_{AB} = E_{P_A} - E_{P_B}$$

Subido por Leazeel

4 Potencial eléctrico

Considerando un campo eléctrico creado por una carga puntiforme Q.

Se define como *potencial eléctrico* V_A, en un punto A de ese campo, el trabajo realizado por la fuerza eléctrica, por unidad de carga, para desplazarla de ese punto A hasta el infinito.

$$V_A = \frac{\tau_{A\infty}}{q}$$

Pero siendo $\tau_{A\infty} = E_{P_A}$, entonces:

$$V_A = \frac{E_{P_A}}{q}$$

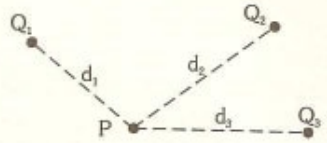
Siendo $E_{P_A} = q \cdot k_0 \cdot \frac{Q}{d_A} \Rightarrow V_A = \frac{\cancel{q} \cdot k_0 \frac{Q}{d_A}}{\cancel{q}} \therefore$ $V_A = k_0 \frac{Q}{d_A}$

El potencial es una magnitud escalar, quedando definido sólo por su valor numérico. Por lo tanto, puede ser positivo o negativo, dependiendo del signo de la carga creadora del campo Q.

La unidad del potencial en unidades del SI es el volt (V).

$$1 \text{ volt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ coulomb}}$$

1 volt es el potencial de un punto que suministra a una carga de 1 coulomb, que en él se coloca, una energía de 1 joule. Cuando se tienen varios campos eléctricos que alcanzan una región, el potencial eléctrico en un punto P cualquiera es la suma algebraica de los potenciales originados por cada carga en el punto considerado.



$$V_P = V_1 + V_2 + V_3$$

Problemas de Aplicación

1 El trabajo realizado por la fuerza de interacción eléctrica para desplazar una carga de 2C del punto A al infinito del campo es de 60J. Determine el potencial eléctrico en el punto A.

Solución:

Datos: $\begin{cases} q = 2C \\ \tau_{A\infty} = 60J \end{cases}$

Se sabe que: $\tau_{AB} = E_{P_A} - E_{P_\infty} \Rightarrow 60 = E_{P_A} - 0 \Rightarrow E_{P_A} = 60J$

El potencial eléctrico en el punto A es: $V_A = \frac{E_{P_A}}{q} \Rightarrow V_A = \frac{60}{2} = 30V$

Respuesta: 30V

Subido por Leazeel

2 Determine el potencial eléctrico de un punto P, situado a 0,4m de una carga eléctrica puntiforme de:

a) $8 \cdot 10^{-6}$C;

b) $-8 \cdot 10^{-6}$C.

Solución:

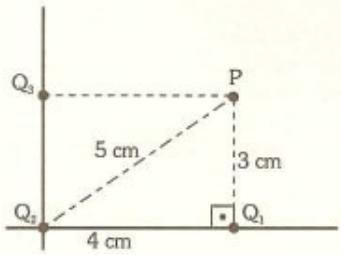
$$\text{Datos} \begin{cases} d = 0{,}4\text{m} \\ Q_A = 8 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ Q_B = -8 \cdot 10^{-6}\text{C} \end{cases}$$

$$\text{a) } V_P = k \cdot \frac{Q_A}{d_A} \Rightarrow V_P = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{0{,}4} = 18 \cdot 10^4\text{V}$$

$$\text{b) } V_P = k \cdot \frac{Q_B}{d_B} \Rightarrow V_P = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot -8 \cdot 10^{-6}}{0{,}4} = -18 \cdot 10^4\text{V}$$

Respuesta: a) $18 \cdot 10^4$V b) $-18 \cdot 10^4$V

3 Determine el potencial en el punto P debido a las cargas puntiformes Q_1, Q_2 y Q_3 cuyos valores son 2μC, 5μC y −8μC, respectivamente.



Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} Q_1 = 2\mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ Q_2 = 5\mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ Q_3 = -8\mu\text{C} = -8 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ d_1 = 3\text{cm} = 0{,}03\text{m} \\ d_{2=} = 5\text{cm} = 0{,}05\text{m} \\ d_3 = 4\text{cm} = 0{,}04\text{m} \\ k_0 = 9 \cdot 10^9\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \end{cases}$$

Cálculo del potencial producido por cada carga:

$$V_1 = k_0 \frac{Q_1}{d_1} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0{,}03} = 6 \cdot 10^5\text{V}$$

$$V_2 = k_0 \frac{Q_2}{d_2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{0{,}05} = 9 \cdot 10^5\text{V}$$

$$V_3 = k_0 \frac{Q_3}{d_3} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-8 \cdot 10^{-6}}{0{,}04} = -18 \cdot 10^5\text{V}$$

$$V_P = V_1 + V_2 + V_3 = 6 \cdot 10^5 + 9 \cdot 10^5 - 18 \cdot 10^5 \Rightarrow V = -3 \cdot 10^5\text{V}$$

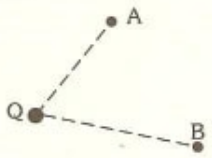
Respuesta: $-3 \cdot 10^5$V

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

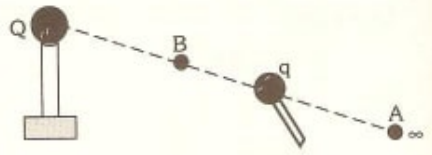
753 Determine el potencial en un punto P, situado a 0,5m de una carga de $-6\mu C$, localizada en el vacío.

754 En el campo electrostático de una carga puntiforme $Q = 4\mu C$, están dados dos puntos, A y B, cuyas distancias a la carga son 20cm y 60cm, respectivamente. Determine los potenciales en los puntos A y B.

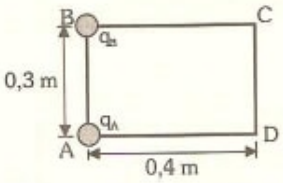


755 Determine la energía potencial eléctrica que una carga de $5\mu C$ adquiere a 0,1m de una carga de $0,2\mu C$ colocada en el vacío.

756 Sobre un soporte aislante se encuentra una carga Q. Se adopta como nivel de referencia un punto A, en el infinito. A partir de A, se transporta al punto B una carga $q = 10\mu C$ y se verifica que, en ese proceso, la fuerza eléctrica realiza un trabajo de $-20J$.
Determine:
a) la energía potencial de q en A y en B;
b) el potencial eléctrico en B.



757 Dos pequeñas esferas electrizadas están fijas, respectivamente, en los vértices A y B del rectángulo ABCD, conforme indica la figura. Siendo $q_A = 1,5\mu C$, $q_B = -1,5\mu C$ y $k_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$, calcule la diferencia de potencial $V_C - V_D$ entre los puntos C y D.



758 Dos cargas eléctricas puntiformes que valen $-8\mu C$ y $6\mu C$ ocupan dos vértices de un triángulo equilátero de 0,4m de lado, en el vacío. Determine el potencial del otro vértice del triángulo.

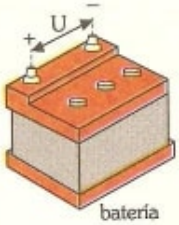
5 Diferencia de potencial (ddp)

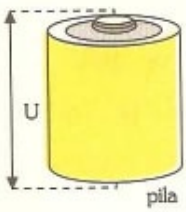
La diferencia de potencial, ddp, también llamada voltaje o tensión, es una de las magnitudes más importantes de la electricidad. Se utiliza para explicar el movimiento de las cargas eléctricas.

La diferencia de potencial entre los puntos A y B se indica por $V_A - V_B$ y está representada por la letra U.

$$U = V_A - V_B$$

Entre los terminales de una batería existe una ddp de 12 volts; entre los terminales de una pila la ddp vale 1,5 volt; en el caso del tomacorriente, la ddp es de 110 o 220V.



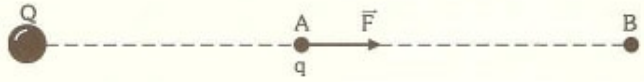


Subido por Leazeel

6 Relación entre trabajo y ddp

Considerando el campo eléctrico creado por la carga Q.

El trabajo realizado por la fuerza eléctrica en el desplazamiento de una carga q de un punto A hasta un punto B de esa región, puede ser calculado a partir de los potenciales de los puntos A y B.



Se sabe que $\tau_{AB} = E_{P_A} - E_{P_B}$

pero $E_{P_A} = q \cdot V_A$ y $E_{P_B} = q \cdot V_B$

Luego: $\tau_{AB} = q \cdot V_A - q \cdot V_B$

Entonces $\boxed{\tau_{AB} = q(V_A - V_B)} \Rightarrow V_A - V_B = \frac{\tau_{AB}}{q} \therefore \quad \boxed{U = \frac{\tau_{AB}}{q}}$

La diferencia de potencial eléctrico, $V_A - V_B$, entre dos puntos, A y B, de un campo eléctrico se obtiene dividiéndose el trabajo realizado por la fuerza eléctrica por el valor de la carga desplazada.

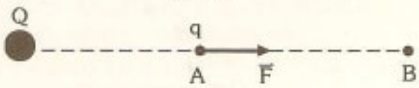
Problemas de Aplicación

1 Determine el trabajo realizado por la fuerza eléctrica para transportar una carga de 6μC de un punto A hasta un punto B, cuyos potenciales son 60V y 40V, respectivamente.

Solución:

Datos $\begin{cases} q = 6\mu C = 6 \cdot 10^{-6} C \\ V_A = 60V \\ V_B = 40V \end{cases}$

Esquema:



$\tau_{AB} = q\ (V_A - V_B) = 6 \cdot 10^{-6}\ (60 - 40) \Rightarrow \tau_{AB} = 12 \cdot 10^{-5} J$

Respuesta: $12 \cdot 10^{-5} J$

2 Sobre un soporte aislante se encuentra una carga Q. Un operador transporta del punto A, muy distante, a un punto B, a 18m de Q, una carga q = 2μC, realizando un trabajo contra la fuerza de campo de 8J.

Determine:

a) la energía potencial de la carga q en A y en B;

b) el potencial eléctrico en B;

c) el valor de la carga q.

Subido por Leazeel

Solución:

Datos
- $q = 2\mu C = 2 \cdot 10^{-6} C$
- $A \to \infty \therefore d_A = 0$
- $d_B = 18m$
- Como el trabajo realizado fue contra la fuerza de campo, es negativo.
- $\tau = -8J$

a) $\tau_{AB} = E_A - E_B$ como $A \to \infty \Rightarrow E_A = 0$

$-8 = 0 - E_B \Rightarrow E_B = 8J$

b) $\tau_{AB} = q\ (V_A - V_B) \Rightarrow -8 = 2 \cdot 10^{-6} (0 - V_B) \Rightarrow V_B = 4 \cdot 10^6 V$

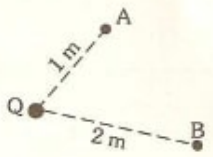
c) $V_B = k \cdot \frac{Q}{d_B} \Rightarrow 4 \cdot 10^6 = 9 \cdot 10^9 \frac{Q}{18} \Rightarrow Q = 8 \cdot 10^{-3} C$

Respuesta: a) 0 y 8J b) $4 \cdot 10^6 V$ c) $8 \cdot 10^{-3} C$

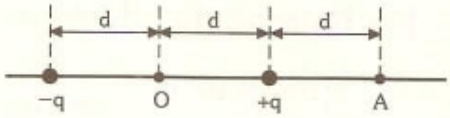
PROBLEMAS PROPUESTOS

759 En un campo eléctrico, se transporta una carga puntiforme de $2\mu C$ de un punto X hasta un punto Y. El trabajo de la fuerza eléctrica es de $-6 \cdot 10^{-5} J$. Determine:
a) la ddp entre los puntos X e Y;
b) el potencial eléctrico de X, adoptando el punto Y como referencia.

760 Dada la figura, donde $Q = 2 \cdot 10^{-7} C$, determine:
a) los potenciales eléctricos en los puntos A y B;
b) el trabajo realizado por la fuerza eléctrica para transportar una carga de $1\mu C$ de A a B.



761 Se dan dos cargas eléctricas puntuales +q y −q, del mismo módulo, situadas como demuestra la figura. Se sabe que el potencial eléctrico en el punto A vale 5 volts, considerándose nulo el potencial en el infinito. ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza del campo eléctrico cuando se desplaza una carga puntual positiva de 1nC (10^{-9} coulomb):
a) del infinito hasta el punto A?
b) del punto A hasta el punto O?



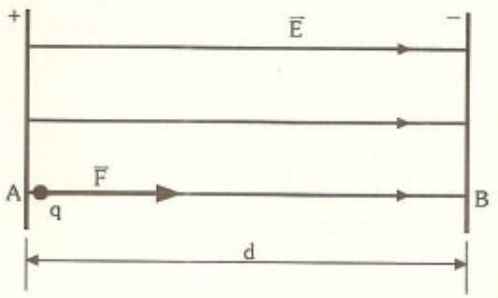
762 Una carga puntiforme $q_1 = 1{,}6\mu C$ está fija en un punto O del espacio, en el vacío.
a) Calcule el trabajo necesario para transportar otra carga $q_2 = 2{,}8\mu C$ de un punto muy distante a un punto P a la distancia r = 0,15m de O.
b) Discuta el signo del trabajo en función de los signos de las cargas, explicando el significado físico del trabajo positivo y del negativo.

7 Diferencia de potencial en un campo eléctrico uniforme

Considerando el campo eléctrico uniforme entre dos placas paralelas electrizadas con cargas iguales y de signos contrarios, separadas por una distancia d.

El trabajo realizado por la fuerza eléctrica para desplazar una carga de prueba q positiva, de la placa A hasta la placa B, está dado por:

$$\tau_{AB} = q(V_A - V_B)\ (I)$$



Subido por Leazeel

Como el campo eléctrico $\vec{E}$ y la fuerza $\vec{F}$, que actúan en la carga q, son constantes, el trabajo realizado por la fuerza $\vec{F}$ se puede calcular por la expresión general de trabajo:

$\tau_{AB} = F \cdot d \Rightarrow \tau_{AB} = qEd$ (II)

Igualando (I) y (II), se tiene:

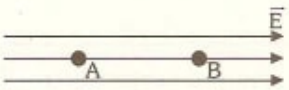
$$q(V_A - V_B) = qEd \Rightarrow \boxed{U_{AB} = Ed}$$

Dicha expresión permite calcular la ddp entre dos puntos de un campo uniforme y es muy importante en el estudio de los fenómenos eléctricos.

En base a dicha expresión se utiliza $\frac{\text{volt}}{\text{metro}}$ como unidad de $\vec{E}$ en el SI.

Problema de Aplicación

Determine la diferencia de potencial entre dos puntos, A y B, de un campo eléctrico uniforme de 10^5N/C de intensidad, como se indica en la figura. La distancia entre esos puntos es 0,2cm.



Solución:

Datos $\begin{cases} E = 10^5 \text{N/C} \\ d = 0{,}2\text{cm} = 0{,}002\text{m} \end{cases}$

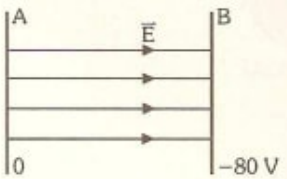
Como el campo eléctrico es uniforme:

$U_{AB} = E \cdot d \Rightarrow U_{AB} = 10^5 \cdot 0{,}002 \Rightarrow U_{AB} = 200\text{V}$

Respuesta: 200V

PROBLEMAS PROPUESTOS

763 En la figura se representan los vectores de un campo eléctrico $\vec{E}$. Las placas paralelas A y B, cuyos potenciales se indican, están a 2cm. Determine la intensidad del campo eléctrico entre las placas.



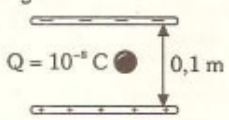
764 Una partícula de carga q = 2μC está situada en un campo electrostático uniforme cuya intensidad es $E = 2 \cdot 10^4$V/m. Calcule la variación de energía potencial electrostática de esa partícula, cuando ella se desplaza 0,5m en sentido opuesto al campo, según una recta paralela a él.

765 Dos placas metálicas paralelas, electrizadas con cargas de signos contrarios, se hallan en el vacío a 10cm de distancia una de outra. El campo eléctrico producido por las placas tiene una intensidad de $6 \cdot 10^7$N/C. Una carga eléctrica puntiforme de $2\mu\text{C}$ y $5 \cdot 10^{-6}$kg de masa es abandonada en la placa positiva. Suponiendo despreciable la fuerza de atracción gravitacional sobre la carga eléctrica, determine:

a) la fuerza que actúa sobre la carga eléctrica;
b) la aceleración de la carga eléctrica;
c) la velocidad con que la carga eléctrica alcanza la placa negativa.

766 El electrón posee carga de $1{,}6 \cdot 10^{-19}$C en valor absoluto. Una válvula termoelectrónica está constituida de dos placas: cátodo y ánodo. Los electrones emitidos por el cátodo son acelerados en dirección al ánodo. La distancia entre las placas es 3cm y la ddp, 300V. Determine la fuerza eléctrica ejercida sobre un electrón.

767 Una partícula con una carga de 10^{-8}C se halla en equilibrio entre dos placas electrizadas, como se indica en la figura.



Sabiendo que la ddp entre las placas es 200V y la aceleración de la gravedad es 10m/s², determine la masa de la partícula.

Subido por Leazeel

8 Potencial de un conductor en equilibrio electrostático

Considerando un conductor electrizado, de cualquier forma, en equilibrio electrostático.

Debido al hecho de que las cargas eléctricas están en reposo, se puede afirmar que no existe diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera del conductor, pues, si hubiese una ddp, los electrones libres buscarían puntos de potencial mayor.

> En un conductor en equilibrio electrostático, el potencial, en cualquier punto, es constante e igual al de la superficie.

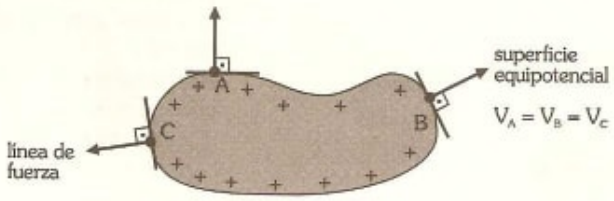
Superficie equipotencial

Se llama *superficie equipotencial* a aquella en la cual el potencial es constante en todos sus puntos.

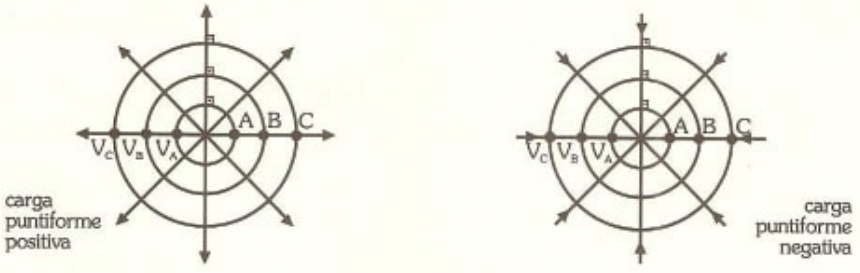
> En una superficie equipotencial las líneas de fuerza son siempre perpendiculares a las superficies equipotenciales.

Ejemplos:

- Superficie de un conductor en equilibrio electrostático:



- Campo creado por carga puntiforme:

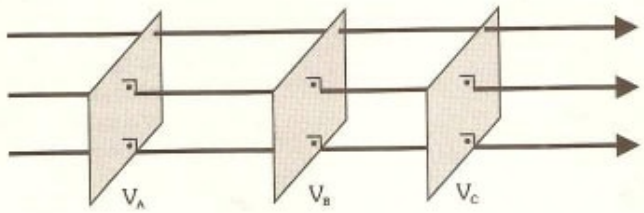


Cada una de las superficies esféricas concéntricas a la carga puntiforme es una superficie equipotencial.

Subido por Leazeel

Campo uniforme

En un campo uniforme, las superficies equipotenciales son perpendiculares a las líneas de fuerza y paralelas entre sí.

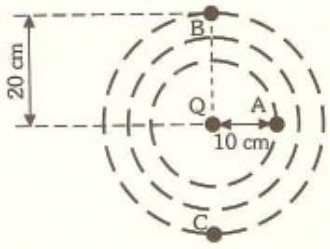


Problema de Aplicación

Dos puntos, A y B, pertenecen a superficies equipotenciales situadas a 10cm y 20cm de una carga Q = 50μC, como se indica en la figura. Determine el trabajo realizado por la fuerza eléctrica para transportar una carga de 4μC de:

a) A hasta B;

b) B hasta C.



Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} d_A = 10\text{cm} = 0{,}1\text{m} \\ d_B = d_C = 20\text{cm} = 0{,}2\text{m} \\ Q = 50\mu\text{C} = 50 \cdot 10^{-6}\text{C} \\ q = 4\mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6}\text{C} \end{cases}$$

a) Cálculo del potencial en los puntos A, B y C:

$$V_A = k_0 \cdot \frac{Q}{d_A} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0{,}1} = 450 \cdot 10^4\ \text{V}$$

$$V_B = V_C = k_0 \cdot \frac{Q}{d_B} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0{,}2} = 225 \cdot 10^4\ \text{V}$$

$$\mathcal{T}_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) = 4 \cdot 10^{-6}\,(450 - 225) \cdot 10^4 = 9\text{J}$$

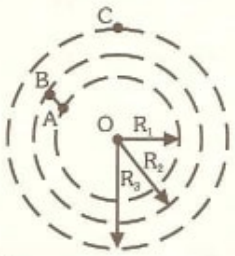
b) $\mathcal{T}_{BC} = q \cdot (V_B - V_C) = 0$ (los puntos B y C pertenencen a la misma superficie equipotencial).

Respuesta: a) 9J b) cero

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

768 La figura representa el trazo de tres superficies esféricas concéntricas de radios $R_1 = 1m$; $R_2 = 2m$; $R_3 = 3m$ y centro en O, con el plano de la figura. Estas son superficies equipotenciales de un campo electrostático cuyos valores son: $9 \cdot 10^4 V$, $4{,}5 \cdot 10^4 V$ y $3 \cdot 10^4 V$.



Determine:

a) la dirección y el sentido del campo electrostático en A;

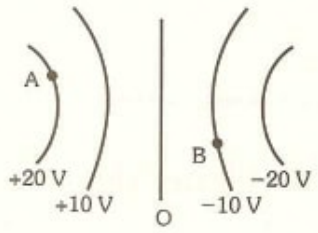
b) el trabajo realizado por el campo en el transporte de la carga $q = 5\mu C$ de A hacia C;

c) la carga que crea esa distribución de potencial.

769 La figura representa algunas superficies equipotenciales de un campo electrostático y los valores de los potenciales correspondientes.

a) Copie la figura y represente el vector campo eléctrico en los puntos A y B.

b) ¿Cuál es el trabajo realizado por el campo para llevar una carga q_1, de $2\mu C$, del punto A al punto B?



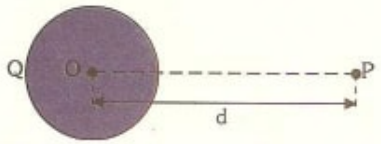
9 Cálculo del potencial de un conductor en equilibrio electrostático

Considerando una esfera conductora, de radio r, electrizada con carga Q.

El estudio del potencial producido por la esfera se dividirá en tres casos, que son los siguientes:

a) Potencial externo

Para el cálculo del potencial en un punto externo, se supone que la carga Q es puntiforme y localizada en el centro de la esfera.



$$V_{ext} = k \cdot \frac{Q}{d}$$

b) Potencial en la superficie

Considerando que d = r, se tiene:

$$V_{sup} = k \cdot \frac{Q}{r}$$

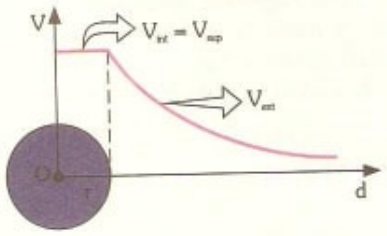
Subido por Leazeel

c) Potencial interno a la esfera

La esfera conductora está en equilibrio electrostático. Por lo tanto, no hay movimiento de las cargas en su interior, es decir, el potencial en un punto interno es igual al potencial en un punto de la superficie.

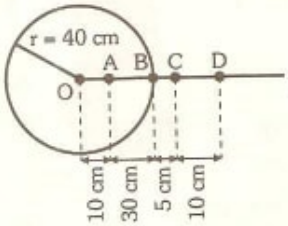
$$V_{int} = V_{sup} = k \cdot \frac{Q}{r}$$

La curva característica de la variación del potencial producido por una esfera es la siguiente:



Problema de Aplicación

Considerando una esfera conductora de 40cm de radio, electrizada con una carga de 10μC. Determine los potenciales en los puntos A, B, C y D localizados en la figura.



Solución:

Datos
- $Q = 10\mu C = 10 \cdot 10^{-6} C$
- $k = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$
- $r = 0,4m$
- $d_C = 0,45m$
- $d_D = 0,55m$

Los potenciales en los puntos A y B son iguales (el potencial en un punto interno es igual al potencial en un punto de la superficie).

$$V_A = V_B = k \cdot \frac{Q}{r} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-6}}{0,4} = 225\,000V$$

Para los puntos C y D (externos) se calcula el potencial como si la carga Q fuese puntiforme y localizada en el centro de la esfera.

$$V_C = k \cdot \frac{Q}{d_C} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-6}}{0,45} = 2 \cdot 10^5 V$$

$$V_D = k \cdot \frac{Q}{d_D} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-6}}{0,55} \approx 1,64 \cdot 10^5 V$$

Respuesta: $V_A = V_B = 225\,000V$; $V_C = 2 \cdot 10^5 V$; $V_D = 1,64 \cdot 10^5 V$

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

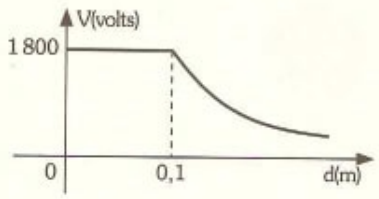
770 Considere un conductor esférico de 50cm de radio, en el aire, cargado con $-100\mu C$. Determine el potencial:

a) en un punto de la superficie de la esfera;

b) en un punto situado a 50cm de la superficie de la esfera;

c) en el centro de la esfera.

771 El gráfico representa la variación del potencial en función de la distancia al centro de un conductor esférico de 10cm de radio, colocado en el vacío. Calcule la carga de ese conductor.



772 Una esfera conductora de 1,6cm de radio, inicialmente neutra, tiene 2,13225g de masa en una balanza electrónica digital y de gran precisión.

a) ¿Cuál es la menor cantidad de electrones que será necesário suministrar a esa esfera para que la balanza pueda registrar el respectivo aumento de masa? Las eventuales interacciones eléctricas con otros cuerpos son despreciables.

b) Suponiendo que la esfera está neutra, ¿qué cantidad de electrones se debe retirar para que el potencial eléctrico en su interior sea 0,90V?

Siendo $\begin{cases} \text{masa del electrón} \simeq 1 \cdot 10^{-31}\text{kg} \\ \text{carga del electrón} = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\text{C} \end{cases}$

Capítulo **5**

Capacidad de un conductor

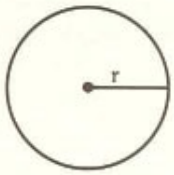
1 Introducción

La capacidad que un cuerpo conductor aislado tiene de recibir cargas eléctricas es limitada y depende de su dimensión, de su forma y del medio en el que se encuentra.

Se define como *capacidad* o *capacitancia* de un conductor electrizado y aislado de otros al cociente de su carga almacenada Q por su potencial V.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Para un conductor esférico de radio r, aislado y en el vacío, se tiene:



$V = k_0 \cdot \frac{Q}{r}$; como $C = \frac{Q}{V}$, se tiene:

$$C = \frac{Q}{k_0 \cdot \frac{Q}{r}} \quad \therefore \quad C = \frac{r}{k_0}$$

La capacidad de un conductor esférico es directamente proporcional a su radio.

La unidad de C en el Sistema Internacional es el faradio (F).

$$1 \text{ faradio} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt}}$$

Subido por Leazeel

Debido a que el faradio es una unidad muy grande, se emplean los submúltiplos:

1 microfaradio = $1\mu F = 10^{-6}F$

1 nanofaradio = $1nF = 10^{-9}F$

1 picofaradio = $1pF = 10^{-12}F$

Problema de Aplicación

Calcule la capacidad de un conductor que posee una carga de $2\mu C$ y un potencial de 800V.

Solución:

Datos $\begin{cases} Q = 2\mu C = 2 \cdot 10^{-6}C \\ V = 800V \end{cases}$

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow C = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{800} \Rightarrow C = 2{,}5 \cdot 10^{-9}\,F \text{ o } C = 2{,}5nF$$

Respuesta: 2,5nF

PROBLEMAS PROPUESTOS

773 ¿Cuál es la carga eléctrica de un conductor de $2.0 \cdot 10^{-8}F$ y 2 000V de potencial?

774 Determine la capacidad de un conductor esférico de 18cm de radio y ubicado en el vacío.

2 Contacto entre conductores electrizados

Se suponen dos conductores electrizados con cargas Q_1 y Q_2, aislados y con capacidad C_1 y C_2, respectivamente. Siendo V_1 y V_2 sus potenciales, y $V_1 \neq V_2$.

Al ponerlos en contacto, mediante un hilo de capacidad despreciable, las cargas se redistribuyen debido a la diferencia de potencial hasta que los conductores alcanzan el equilibrio electrostático, cesando el movimiento de las cargas. En esa condición, se dice que los conductores alcanzarán el *mismo potencial eléctrico.*

Considerando el sistema eléctricamente aislado, tiene validez el principio de conservación de las cargas eléctricas.

Luego: $Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2$

$$C_1V_1 + C_2V_2 = C_1V + C_2V$$

$$V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2} \quad \text{o} \quad V = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2}$$

Estas expresiones representan el potencial común entre dos conductores que se ponen en contacto.

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Dos conductores, de capacidades $C_1 = 3\mu F$ y $C_2 = 2\mu F$, están electrizados con cargas $Q_1 = 9\mu C$ y $Q_2 = 1\mu C$, respectivamente. Suponiendo que ellos sean unidos por un hilo metálico, determine:

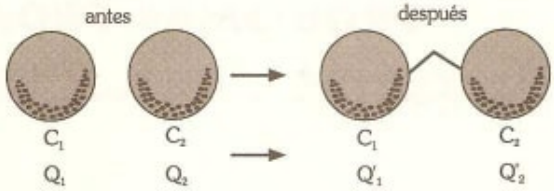
a) el potencial del equilibrio;

b) la nueva carga de cada conductor.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} Q_1 = 9\mu C = 9 \cdot 10^{-6} C \\ Q_2 = 1\mu C = 1 \cdot 10^{-6} C \\ C_1 = 3\mu F = 3 \cdot 10^{-6} F \\ C_2 = 2\mu F = 2 \cdot 10^{-6} F \end{cases}$$

Esquema:



a) $V_E = \dfrac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{9 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6}} = \dfrac{10 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}} = 2 \therefore V_E = 2V$

b) $Q'_1 = C_1 V_E = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 6 \cdot 10^{-6} C$

$Q'_2 = C_2 V_E = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 4 \cdot 10^{-6} C$

Respuesta: a) 2V b) $Q'_1 = 6 \cdot 10^{-6} C$ y $Q'_2 = 4 \cdot 10^{-6} C$

PROBLEMAS PROPUESTOS

775 Una esfera metálica A tiene 5cm de radio y otra esfera B tiene 10cm de radio. Las dos esferas aisladas reciben la misma carga, de $6 \cdot 10^{-8} C$ y son inmediatamente unidas por un hilo fino conductor. Determine, después del equilibrio, las cargas de las esferas A y B.

776 Dos conductores esféricos de radios $r_1 = 2cm$ y $r_2 = 3cm$, aislados y solitarios, están electrizados y con potenciales $V_1 = 4,1V$ y $V_2 = 2,6V$ respectivamente. Se unen los dos conductores por un hilo conductor de capacidad despreciable. Calcule el potencial de equilibrio.

777 Dos conductores, A y B, tienen radios $r_A = 2cm$ y $r_B = 6cm$. El conductor A está electrizado con una carga $Q = 8\mu C$, mientras que el B está neutro. Se unen los dos conductores por medio de un hilo metálico de capacidad despreciable. Calcule las nuevas cargas de A y B, después del equilibrio electrostático.

778 Una esfera conductora de radio $r_1 = 5cm$ está electrizada con una carga $Q = 2 \cdot 10^{-9} C$. ¿Cuál es el potencial de esa esfera?

¿Cuál es su nuevo potencial después de haber sido puesta en contacto y separada de una segunda esfera de radio $r_2 = 10cm$, inicialmente neutra?

Siendo $k_0 = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$.

Subido por Leazeel

3 Energía potencial eléctrica de un conductor

El trabajo realizado para cargar un conductor con una carga Q bajo un potencial V no se pierde, pues queda almacenado en el conductor bajo la forma de energía denominada *energía potencial eléctrica.*

Esa energía está dada por:

$$E_P = \frac{Q \cdot V}{2}$$

Se pueden escribir la expresión de la energía potencial de las siguientes formas:

Si $Q = CV \Rightarrow$ $E_P = \frac{C \cdot V^2}{2}$ Si $V = \frac{Q}{C} \Rightarrow$ $E_P = \frac{Q^2}{2C}$

Problema de Aplicación

Calcule la energía potencial eléctrica de un conductor con carga 5μC y potencial 100V.

Solución:

Datos $\begin{cases} Q = 5\mu C = 5 \cdot 10^{-6} C \\ V = 100V = 10^2 V \end{cases}$

$$E_P = \frac{QV}{2} \Rightarrow E_P = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^2}{2} \Rightarrow E_P = 2{,}5 \cdot 10^{-4} J$$

Respuesta: $2{,}5 \cdot 10^{-4}$J

PROBLEMAS PROPUESTOS

779 Determine la carga de un conductor electrizado que posee energía potencial de 500J bajo un potencial de 200V.

780 Calcule la energía potencial eléctrica de un conductor de 2nF de capacidad y 500μC de carga.

781 Un conductor de 10μF es conectado a una diferencia de potencial de 50V.
a) ¿Cuál es la carga del conductor?
b) ¿Cuál es la energía potencial almacenada?

Capítulo **6**

Capacitores

1 Introducción

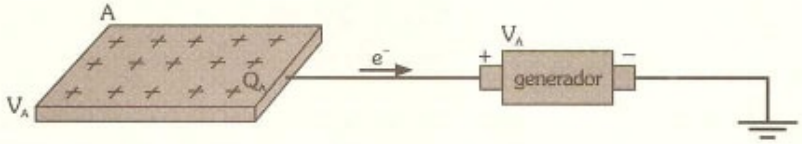
Los conductores aislados, estudiados anteriormente, no poseen gran capacidad de almacenar cargas eléctricas, pues, aun con una pequeña carga, adquieren potenciales muy altos. De esa forma, el campo eléctrico también es alto y el conductor se descarga con facilidad.

En los circuitos eléctricos y principalmente en la electrónica, hay necesidad de utilizar dispositivos que puedan almacenar gran cantidad de cargas eléctricas para que sean liberadas solamente cuando el circuito exige.

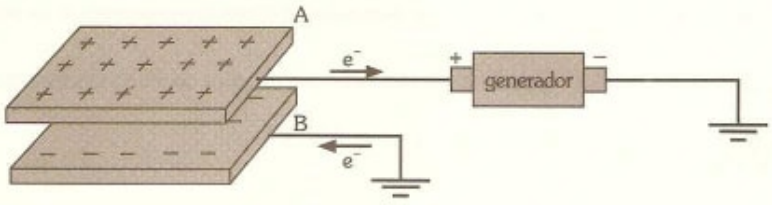
Subido por Leazel

Se consigue ese objetivo utilizándose capacitores, que consisten en conductores metálicos separados por un *dieléctrico* (aislante), que son cargados eléctricamente por el proceso de inducción.

Suponiéndose, por ejemplo, una placa metálica A, que consigue soportar el potencial máximo V_A, debido a la retirada de electrones de la placa por el generador. En esa situación, la placa alcanzó la carga Q_A, que es su capacidad límite de carga.



Si se aproxima al conductor A otra placa conductora B y se la une a la tierra, comienzan a venir electrones de la tierra a ella, debido a la inducción.



Las cargas negativas hacen que el potencial V_A de la placa A disminuya por el hecho de que producen en A un potencial negativo $-V_B$.

$$V'_A = V_A + (-V_B)$$

Como surgió una nueva diferencia de potencial entre la placa A y el generador $(V_A - V'_A)$, éste inicia la retirada de algunos electrones, hasta que el conductor A retorne al potencial de equilibrio V_A.

De esa forma, la placa A consiguió almacenar mayor cantidad de cargas, sin descargar.

$$Q'_A > Q_A \quad \text{y} \quad V'_A < V_A$$

2 Definición

Se denomina *condensador* o *capacitor* al conjunto de conductores y dieléctricos dispuestos de tal forma que se consigue almacenar la *máxima* cantidad de cargas eléctricas.

En un capacitor el cuerpo inductor y el inducido reciben el nombre de *armaduras*. Al inductor se denomina *armadura colectora* y al inducido, *armadura condensadora*. El medio que separa las armaduras recibe el nombre de *dieléctrico*.

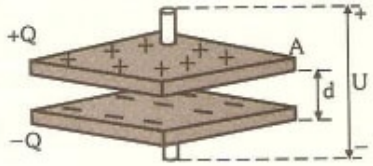
Simbólicamente, se representa un capacitor por los esquemas:

Subido por Leazeel

Se dice que un capacitor está cargado cuando sus armaduras están cargadas con cargas del mismo módulo, pero de signos contrarios.

Capacitor de placas paralelas

Es un capacitor formado por placas paralelas, una próxima a otra, separadas por un dieléctrico de permeabilidad ε.



Para un capacitor de placas paralelas valen las siguientes expresiones:

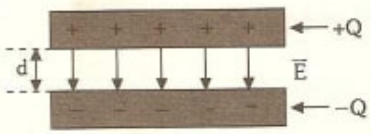
• Capacidad en función de la carga y al potencial

$$C = \frac{Q}{U}$$

• Capacidad en función del campo eléctrico

Como el campo eléctrico entre las placas paralelas es uniforme, vale:

$$U = E \cdot d$$



Luego: $C = \frac{Q}{Ed}$

• Capacidad en función del área útil de las armaduras

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

Donde
- ε = permeabilidad del dieléctrico
- A = área de la superficie de las placas
- d = distancia entre las placas

En particular cuando el dieléctrico es el vacío, se tiene:

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

Donde
- ε_0 es la permeabilidad absoluta del vacío
- $\varepsilon_0 \simeq 8{,}8 \cdot 10^{-12} F/m$

• Energía potencial

$$E_P = \frac{Q \cdot U}{2} \quad \text{o} \quad E_P = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

Subido por Leazeel

Problemas de Aplicación

1 Determine la capacidad de un condensador que posee una carga de 8μC bajo potencial 1 000V.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} Q = 8\mu C = 8 \cdot 10^{-6} C \\ U = 1\,000 V \end{cases}$$

Se sabe que:

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow C = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{1\,000} = 8 \cdot 10^{-9} F$$

Respuesta: $C = 8 \cdot 10^{-9} F$

2 Un capacitor plano está formado por dos placas paralelas con área de $0{,}04 m^2$, separadas por una distancia de 0,2cm. El dieléctrico es el vacío. Determine la capacidad de ese capacitor.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} \varepsilon_0 = 8{,}8 \cdot 10^{-12} F/m \\ A = 0{,}04 m^2 \\ d = 0{,}2 cm = 0{,}002 m \end{cases}$$

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 8{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{0{,}04}{0{,}002} \Rightarrow C = 17{,}6 \cdot 10^{-11} F$$

Respuesta: $1{,}76 \cdot 10^{-10} F$

PROBLEMAS PROPUESTOS

782 Un condensador de 10^{-5}F de capacidad está conectado a una ddp de 1 000V. Calcule su carga eléctrica.

783 Un capacitor plano, en el vacío, posee armaduras con áreas de $0{,}2 m^2$, separadas por una distancia de 1cm. La ddp entre las armaduras es 2 000V. Determine:

a) su capacidad;
b) la carga del capacitor;
c) la energía potencial del capacitor.

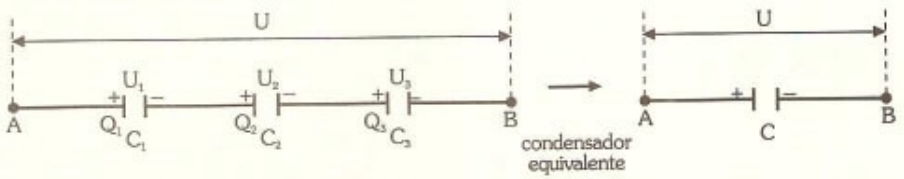
784 ¿Cuántas veces se puede cargar un capacitor de 10μF con la ayuda de una batería de 6V, extrayendo de ella la energía total de $1{,}8 \cdot 10^4$J?

3 Asociación de condensadores

Hay tres tipos de asociación de condensadores: en serie, en paralelo y mixta.

a) Asociación en serie

En una asociación en serie, la armadura negativa de un capacitor está unida a la armadura positiva del siguiente:



Las cargas almacenadas en todos los condensadores son iguales, una vez que todos se cargan por inducción.

Subido por Leazeel

El *condensador equivalente* de la asociación en serie posee las siguientes características:

1ª) La carga Q es igual a la de los demás condensadores.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

2ª) La diferencia de potencial es igual a la suma de las ddp de cada condensador.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

3ª) La capacidad del condensador equivalente es igual a:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

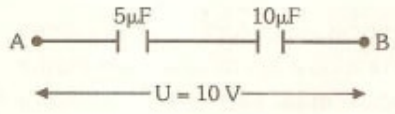
Problema de Aplicación

Dos capacitores, uno de 5μF y otro de 10μF, son asociados en serie y se les aplica en los terminales una tensión de 10V. Determine la capacidad equivalente, la carga de cada capacitor y la ddp a la cual cada capacitor está sometido:

Solución:

Datos $\begin{cases} C_1 = 5\mu F \\ C_2 = 10\mu F \\ U = 10V \end{cases}$

Esquema:



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{2+1}{10} = \frac{3}{10} \Rightarrow C = \frac{10}{3}\ \mu F$$

La carga de cada capacitor es la misma que para el capacitor equivalente. Entonces:

$$Q = Q_1 = Q_2 = C \cdot U = \frac{10}{3} \cdot 10 = \frac{100}{3}\mu C$$

La ddp para cada capacitor será:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{\frac{100}{3}}{5} = \frac{20}{3} \simeq 6{,}7V$$

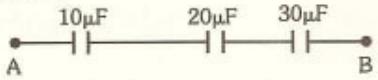
$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{\frac{100}{3}}{10} = \frac{10}{3} = 3{,}3V$$

Respuesta: $\frac{10}{3}\ \mu F$, $Q_1 = Q_2 = \frac{100}{3}\mu C$, $U_1 \simeq 6{,}7V$ y $U_2 \simeq 3{,}3V$

Subido por Leazel

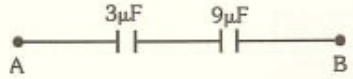
PROBLEMAS PROPUESTOS

785 Determine la capacidad equivalente del circuito siguiente:



786 Cuatro condensadores en serie tienen la misma capacidad de 5μF. Determine la capacidad del capacitor equivalente.

787 Dos capacitores son asociados en serie como indica la figura:

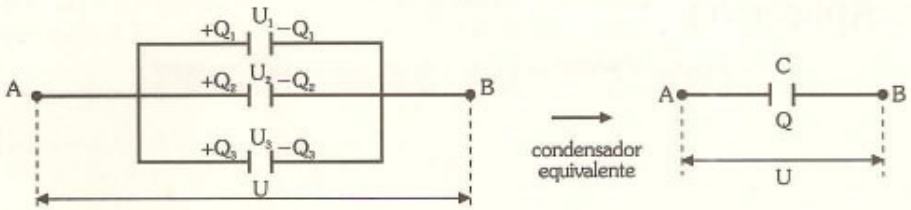


Si se suministra a la asociación una carga de 18μC, determine:
a) la capacidad equivalente;
b) la carga de cada capacitor;
c) la ddp en cada capacitor;
d) la ddp de la asociación;
e) la energía almacenada de la asociación.

788 Una esfera conductora eléctrica tiene un diámetro de 1,8cm y se encuentra en el vacío ($k_0 = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$). Dos capacitores idénticos, cuando asociados en serie, presentan una capacitancia equivalente a la de la referida esfera. Determine la capacitancia de cada uno de esos capacitores.

b) Asociación en paralelo

En una asociación en paralelo, todas las armaduras positivas están unidas a un punto del mismo potencial, así como todas las negativas están unidas a otro punto de potencial común.



La diferencia de potencial es la misma en todos los condensadores, una vez que todos están unidos a los mismos dos puntos.

Esa asociación también puede ser sustituida por un único condensador equivalente con las siguientes características:

1ª) La diferencia de potencial es igual a la de los demás condensadores.

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

2ª) La carga almacenada es igual a la suma de las cargas de cada condensador.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

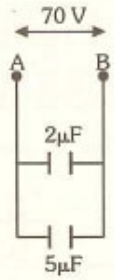
3ª) La capacidad del capacitor equivalente está dada por:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Dada la asociación de la figura, calcule:



a) la capacidad de la asociación equivalente;
b) la carga de cada capacitor;
c) la energía almacenada en la asociación;
d) la carga total almacenada.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} C_1 = 5\mu F = 5 \cdot 10^{-6} C \\ C_2 = 2\mu F = 2 \cdot 10^{-6} C \\ U = 70V \end{cases}$$

a) $C = C_1 + C_2 \Rightarrow C = 5 + 2 \Rightarrow C = 7\mu F$

b) $Q_1 = C_1 U \Rightarrow Q_1 = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 70 = 3{,}5 \cdot 10^{-4} C$

$Q_2 = C_2 U \Rightarrow Q_2 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 70 = 1{,}4 \cdot 10^{-4} C$

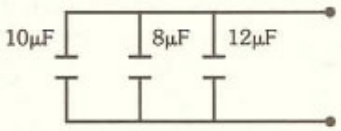
c) $E_p = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow E_p = \frac{7 \cdot 10^{-6} \cdot 4\,900}{2} \Rightarrow E_p = 1{,}715 \cdot 10^2 J$

d) $Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q = 3{,}5 \cdot 10^{-4} + 1{,}4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow Q = 4{,}9 \cdot 10^{-4} C$

Respuesta: a) 7μF b) $3{,}5 \cdot 10^{-4}$C y $1{,}4 \cdot 10^{-4}$C
c) $1{,}715 \cdot 10^2$J d) $4{,}9 \cdot 10^{-4}$C

PROBLEMAS PROPUESTOS

789 Determine la capacidad equivalente de la asociación dada.



790 Dos capacitores de 2μF y 3μF están asociados en paralelo y el conjunto se coloca bajo una diferencia de potencial de 1 000V.

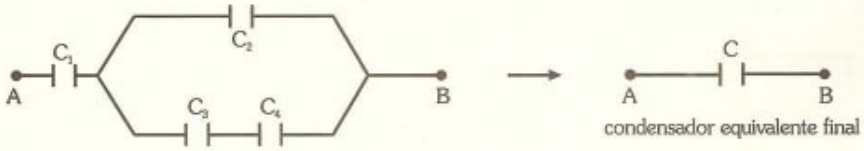
a) ¿Cuál es la capacidad del capacitor equivalente?

b) ¿Cuál es la carga en cada capacitor?

c) ¿Cuál es la ddp en cada capacitor?

c) Asociación mixta

Es aquella en la cual se encuentran, al mismo tiempo, condensadores asociados en serie y en paralelo, como indica la figura.

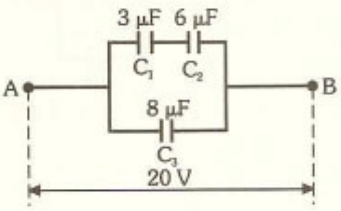


La determinación del *condensador equivalente final* está hecha mediante el cálculo de los condensadores equivalentes de cada una de las asociaciones, de los cuales se tiene la certeza de que están en serie o en paralelo.

Subido por Lezeel

Problema de Aplicación

En la asociación de capacitores de la figura siguiente, determine:
a) el capacitor equivalente;
b) la carga de cada capacitor.



Solución:

a) Resolviendo la asociación en serie:

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2+1}{6}$$

$$C_{1,2} = \frac{6}{3} = 2\mu F$$

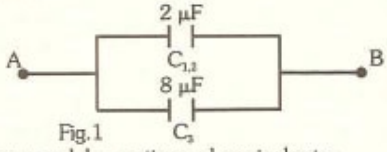
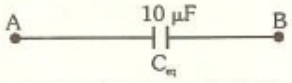


Fig. 1

Resolviendo la asociación en paralelo, se tiene el equivalente:

$$C_{eq} = 8 + 2 = 10\mu F$$



b) Se puede observar en la fig. 1 que los capacitores de 2μF y 8μF están en paralelo. Por lo tanto tienen la misma ddp.

$$Q_{1,2} = C_{1,2} \cdot U \Rightarrow Q_{1,2} = 2\mu \cdot 20 = 40\mu C$$

Como C_1 está en serie con C_2 presentan la misma carga de $C_{1,2}$.

$$Q_{1,2} = Q_1 = Q_2 = 40\mu C$$

En C_3 la ddp es de 20V. Entonces:

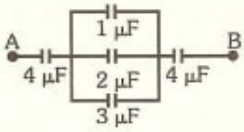
$$Q_3 = C_3 \cdot U \Rightarrow Q_3 = 8\mu \cdot 20 = 160\mu C$$

Respuesta: a) 10μF b) $Q_1 = Q_2 = 40\mu C$ y $Q_3 = 160\mu C$

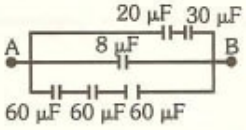
PROBLEMAS PROPUESTOS

791 Calcule la capacidad del condensador equivalente de las asociaciones.

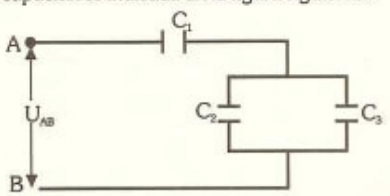
a)



b)

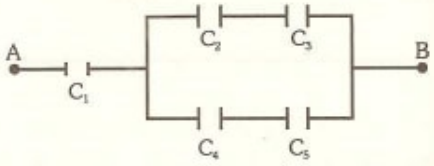


792 Calcule la energía almacenada en la asociación de capacitores indicada en la figura siguiente.



Datos $\begin{cases} U_{AB} = 100V \\ C_1 = 2{,}5\mu F \\ C_2 = 7{,}0\mu F \\ C_3 = 3{,}0\mu F \end{cases}$

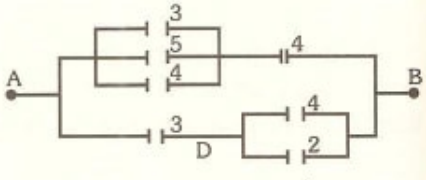
793 Cinco capacitores están asociados como indica la figura siguiente. Siendo la diferencia de potencial entre A y B igual a 120V, y las capacitancias $C_1 = C_3 = C_5 = 6\mu F$ y $C_2 = C_4 = 2\mu F$, determine la carga total almacenada en la asociación.



794 Las capacitancias indicadas están dadas en μF.

a) ¿Cuál es la capacitancia equivalente entre A y B?

b) Si la carga del capacitor de 5μF es 120μC, ¿cuál es la diferencia de potencial entre A y D?



Subido por Leazeel

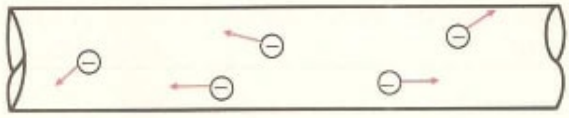
Unidad XVII
Electrodinámica

Capítulo **1**

Corriente eléctrica

1 Definición

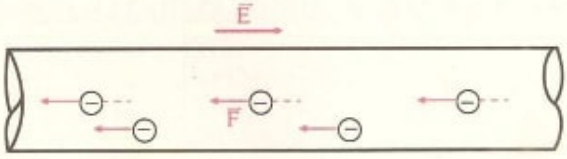
Considerando el hilo metálico de la figura. Por presentar una gran cantidad de electrones libres, que se mueven de manera desordenada, se llama *conductor metálico.*



Creándose un campo eléctrico en el interior de ese conductor, sus electrones libres pasan a tener un movimiento *ordenado*.

Para conseguir ese campo eléctrico, se une el conductor a los terminales de un generador como, por ejemplo, los polos de una pila que, al establecer en el conductor una diferencia de potencial, origina en su interior el campo eléctrico $\vec{E}$.

Los electrones libres del conductor, en la presencia de ese campo eléctrico, quedan sujetos a la acción de una fuerza eléctrica $\vec{F}$, responsable del movimiento ordenado de los electrones libres. Como la carga q de los electrones es negativa, ellos se mueven en sentido opuesto al campo eléctrico, pues $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$.



Al movimiento ordenado de los electrones libres en un conductor metálico, debido a la acción de un campo eléctrico establecido en su interior, se da el nombre de *corriente eléctrica.*

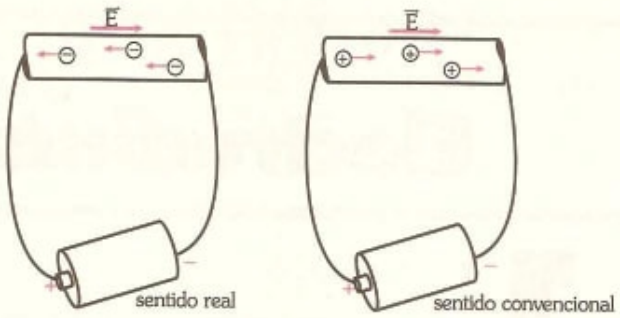
2 Sentido de la corriente eléctrica

En los conductores sólidos, el sentido de la corriente eléctrica es el sentido del movimiento de los electrones, pues son ellos los que se desplazan del potencial menor (polo negativo) al potencial mayor (polo positivo). Ese es el *sentido real* de la corriente eléctrica.

Mientras que en el estudio de la corriente eléctrica se adopta un *sentido convencional*, que es del desplazamiento de las cargas positivas, del potencial mayor al menor, que corresponde al mismo sentido del campo eléctrico en el interior del conductor.

Así, siempre que se trate del sentido de la corriente, se estará refiriendo al sentido convencional.

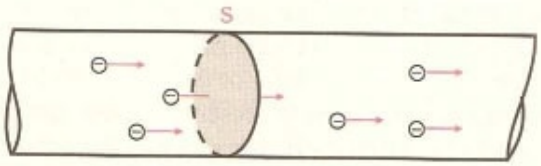
Subido por Leazeel



El sentido de la corriente eléctrica es el del desplazamiento imaginario de las cargas positivas del conductor, es decir, el mismo del campo eléctrico en su interior.

3 Intensidad de la corriente

Considerando un conductor metálico de sección transversal S siendo recorrido por una corriente eléctrica.



Suponiendo que en un intervalo de tiempo Δt pase por la sección transversal S una cantidad de carga ΔQ, en módulo.

Se define como intensidad de la corriente eléctrica i la relación:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

La cantidad de carga ΔQ está dada por el producto del número n de electrones multiplicado por la carga del electrón.

$$\Delta Q = ne$$

La unidad de corriente eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades es el ampere (A).

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow 1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ segundo}}$$

Es común el empleo de submúltiplos del ampere: el miliampere (mA) y el microampere (μA).

$$1mA = 10^{-3}A$$
$$1\mu A = 10^{-6}A$$

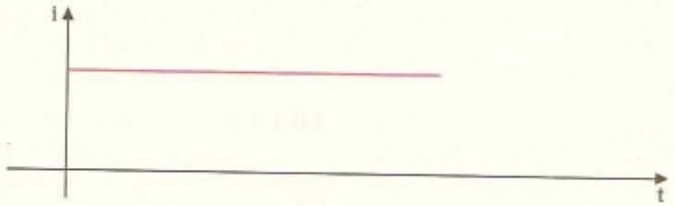
Subido por Leazeel

4 Tipos de corriente eléctrica

Comúnmente se consideran dos tipos de corriente eléctrica: la continua (CC) y la alterna (CA).

a) Corriente continua

Es aquella cuyo sentido se mantiene constante. Cuando además del sentido la intensidad también se mantiene constante, la corriente se llama *corriente continua constante*. El siguiente gráfico muestra la corriente en función del tiempo. Como ejemplo, se tienen las corrientes establecidas por una batería de automóvil y por una pila.



b) Corriente alterna

Es aquella cuya intensidad y cuyo sentido varían periódicamente. Es el caso de las corrientes utilizadas en residencias, que son suministradas por las usinas hidroeléctricas, en las que se tiene una corriente alterna de frecuencia 60 ciclos por segundo.

Problema de Aplicación

La corriente eléctrica que recorre un conductor en función del tiempo está suministrada por el gráfico siguiente.

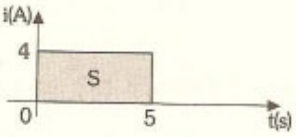
Determine para el tiempo de 5 segundos:

a) la carga eléctrica que recorre el conductor;

b) el número de electrones que atraviesan una sección recta del conductor, sabiendo que la carga del electrón es igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$C.

Solución:

Datos $\begin{cases} i = 4A \\ \Delta t = 5s \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19}C \end{cases}$



a) El área S de la figura siguiente representa la cantidad de carga que recorre el conductor en 5s. Luego:

ΔQ = área $\Rightarrow \Delta Q = 4 \cdot 5 \Rightarrow \Delta Q = 20C$

b) $\Delta Q = n \cdot e \Rightarrow 20 = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow n = 1,25 \cdot 10^{20}$

Respuesta: a) 20C b) $1,25 \cdot 10^{20}$ electrones

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

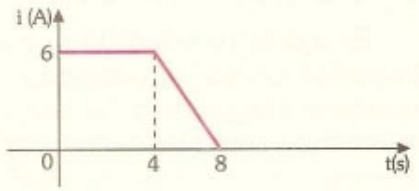
795 Un hilo conductor es recorrido por una corriente de 10A. Calcule la carga que pasa a través de una sección transversal en 1min.

796 Un motor eléctrico es atravesado por $2 \cdot 10^{20}$ electrones en 4s. Determine la intensidad de la corriente que passa por el motor.

797 El haz de electrones en un tubo de televisión recorre una distancia de 0,50m en el espacio libre entre el emissor de electrones y la pantalla del tubo. Si la velocidad de los electrones en el tubo es $8 \cdot 10^7$m/s y si la corriente del haz es 2mA, calcule el número de electrones que existe en el haz en cualquier instante.
(Carga del electrón = $1,6 \cdot 10^{-19}$C.)

798 Una batería de automóvil completamente cargada libera $1,3 \cdot 10^5$C de carga. Determine, aproximadamente, el tiempo en horas que una lámpara, unida a esa batería, estará encendida, sabiendo que necesita de una corriente constante de 2A para que quede en régimen normal de funcionamiento.

799 En el gráfico se tiene la intensidad de corriente a través de un conductor en función del tiempo.



Determine la carga que pasa por una sección transversal del conductor entre los instantes 0 y 8 segundos.

800 Mediante un estímulo, $2 \cdot 10^5$ iones de K^+ atraviesan la membrana de una célula nerviosa en 1 milisegundo. Calcule la intensidad de esa corriente eléctrica, sabiendo que la carga elemental es $1,6 \cdot 10^{-19}$C.

5 Efecto de la corriente eléctrica

En el paso de una corriente por un conductor se observan algunos efectos que se verán a continuación.

a) Efecto térmico o efecto Joule

Cualquier conductor sufre un calentamiento al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Ese efecto es la base de funcionamiento de los calentadores eléctricos, duchas eléctricas, secadores de cabello, lámparas térmicas etc.

b) Efecto luminoso

En determinadas condiciones, el paso de la corriente eléctrica a través de un gas enrarecido hace que éste emita luz.

Las lámparas fluorescentes y los anuncios luminosos son aplicaciones de ese efecto. En ellos existe la transformación directa de energía eléctrica en energía luminosa.

c) Efecto magnético

Un conductor recorrido por una corriente eléctrica crea, en la región próxima a él, un campo magnético.

Este es uno de los efectos más importantes, constituyendo la base del funcionamiento de los motores, transformadores, relés, etc.

d) Efecto químico

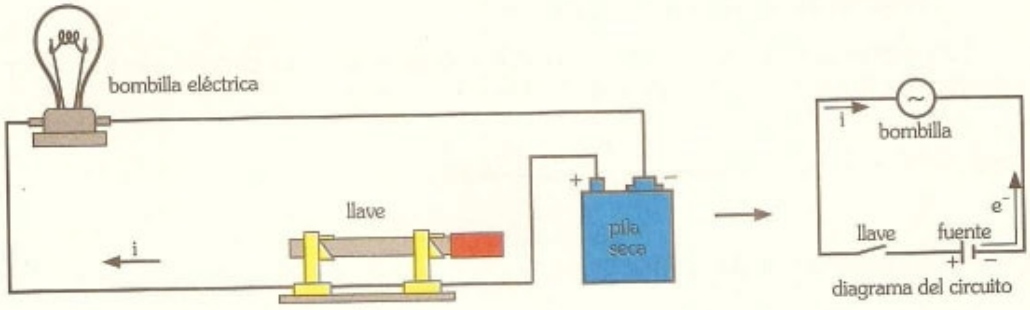
Una solución electrolítica sufre descomposición cuando es atravesada por una corriente eléctrica. Es la electrólisis. Ese efecto se utiliza, por ejemplo, en el revestimiento de metales: cromado, niquelado, etc.

Subido por Leazeel

Además de esos efectos se puede citar el *efecto fisiológico*, que consiste en la acción de la corriente eléctrica sobre los seres humanos y los animales, causando sensaciones dolorosas y contracciones musculares.

6 Elementos de un circuito eléctrico

Para establecer una corriente eléctrica son necesarios, básicamente, un generador de energía eléctrica, un conductor en circuito cerrado y un elemento para utilizar la energía producida por el generador. A ese conjunto se denomina *circuito eléctrico*.



A continuación, se describen algunos elementos que componen un circuito eléctrico.

a) Generador eléctrico

Es un dispositivo capaz de transformar en energía eléctrica otra modalidad de energía.

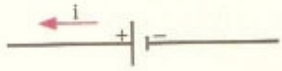
El generador no genera o crea cargas eléctricas. Su función es suministrar energía a las cargas eléctricas que lo atraviesan.

Industrialmente, los generadores más comunes son los químicos y los mecánicos.

- Químicos: aquellos que transforman energía química en energía eléctrica. Ejemplo: pila y batería.
- Mecánicos: aquellos que transforman energía mecánica en eléctrica.

Ejemplo: dínamo del motor de automóvil.

La representación de esos generadores en el circuito es:

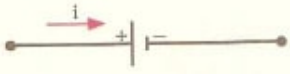


b) Receptor eléctrico

Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra modalidad de energía, no exclusivamente térmica.

El principal receptor es el motor eléctrico, que transforma energía eléctrica en mecánica, además de la porción de energía disipada en forma de calor.

Representación:

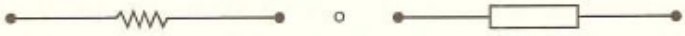


Subido por Leazeel

c) Resistor eléctrico

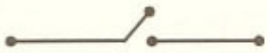
Es un dispositivo que transforma toda la energía eléctrica consumida *integralmente* en calor. Como ejemplo se pueden citar los calentadores, la plancha eléctrica, la ducha eléctrica, la bombilla eléctrica y los hilos conductores en general.

Representación:



d) Dispositivos de maniobra

Son elementos que sirven para accionar o desconectar un circuito eléctrico. Por ejemplo, las llaves y los interruptores.

Representación: 

e) Dispositivos de seguridad

Son dispositivos que, al ser atravesados por una corriente de intensidad mayor que la prevista, interrumpen el paso de la corriente eléctrica, preservando de la destrucción los demás elementos del circuito. Los más comunes son los fusibles y los disyuntores.

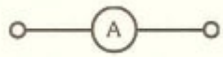
Representación:

f) Dispositivos de control

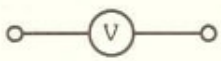
Son utilizados en los circuitos eléctricos para medir la intensidad de la corriente eléctrica y la ddp existentes entre dos puntos o, simplemente, para detectarlas.

Los más comunes son el amperímetro, el voltímetro y el galvanómetro.

• Amperímetro: aparato que sirve para medir la intensidad de la corriente eléctrica.

Representación: 

• Voltímetro: aparato utilizado para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Representación: 

• Galvanómetro: aparato utilizado para indicar el paso de la corriente o la existencia de una ddp.

Representación:

Subido por Leazeel

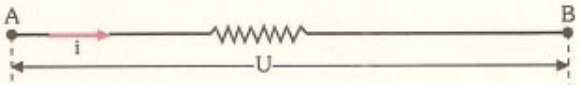
Capítulo **2**

Estudio de los resistores

1 Resistencia eléctrica

Los resistores se caracterizan por una magnitud física que mide la oposición, ofrecida por las partículas que los constituyen, al paso de la corriente eléctrica.

Considerándose el resistor representado en el trecho del circuito AB, donde se aplica una diferencia de potencial U entre sus extremos y se establece una corriente de intensidad i.



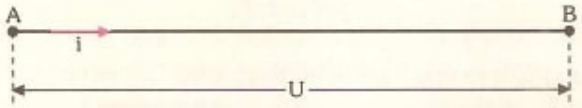
Se define como *resistencia eléctrica* R del resistor el cociente de la tensión U entre sus terminales por la corriente i que lo atraviesa.

$$R = \frac{U}{i}$$

De una manera general, la resistencia eléctrica R de un resistor depende tanto de su naturaleza y de sus dimensiones como de su temperatura.

Por lo tanto, en general, la resistencia de un resistor es una magnitud variable.

Los hilos metálicos que forman parte de un circuito eléctrico también funcionan como resistores, o sea, ellos también ofrecen una cierta resistencia al paso de la corriente. Ocurre que normalmente su resistencia es muy pequeña, cuando comparada con la resistencia de los demás resistores empleados en el circuito, pudiendo ser considerada despreciable. En esos casos, su representación es una línea continua.



2 Leyes de Ohm

a) 1ª ley de Ohm

Estudiando la corriente eléctrica que recorre un resistor, Georg Simon Ohm determinó, experimentalmente, que la resistencia R es constante para determinados tipos de conductores.

En su experimento, habiendo aplicado sucesivamente las tensiones U_1, U_2, U_3 ... U_n entre los terminales de un mismo resistor y obtenido, respectivamente, las corrientes i_1, i_2, i_3 ... i_n, Ohm verificó que esos valores guardaban entre sí una relación constante, de la siguiente manera:

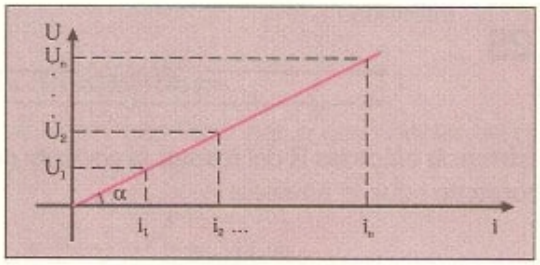
$$\frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \frac{U_3}{i_3} = \ldots = \frac{U_n}{i_n} = \frac{U}{i} = R = \text{constante}$$

o sea: $U = Ri$

Subido por Leazeel

La intensidad de la corriente eléctrica que recorre un resistor es directamente proporcional a la tensión entre sus terminales.

Esa ley de Ohm es válida sólo para algunos resistores, que fueron denominados *resistores óhmicos*. Su representación gráfica es:



$$\text{tg}\,\alpha = \frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \ldots = \frac{U_n}{i_n} = R = \text{constante}$$

Para los resistores óhmicos, la resistencia permanece constante con la variación de temperatura.

La unidad de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades es el ohm (Ω).

$$R = \frac{U}{i} \Rightarrow 1\ \text{ohm} = \frac{1\ \text{volt}}{1\ \text{ampere}}$$

$$1\Omega = \frac{1\ V}{1\ A}$$

El múltiplo y submúltiplo que más se utilizan son:

1 megaohm (1MΩ) = $10^6\Omega$
1 microohm (1μΩ) = $10^{-6}\Omega$

Los resistores para los cuales la resistencia no se mantiene constante son denominados *resistores no óhmicos*.

Problema de Aplicación

Un resistor bajo una tensión de 80V es recorrido por una corriente de 5A. Calcule la resistencia eléctrica de ese resistor.

Solución:

Datos $\begin{cases} U = 80V \\ i = 5A \end{cases}$

$U = Ri \Rightarrow 80 = R \cdot 5 \Rightarrow R = 16\Omega$

Respuesta: 16Ω

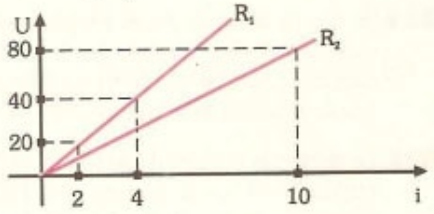
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

801 Sabiendo que la intensidad de la corriente que pasa por un resistor de 4Ω de resistencia es de 8A, calcule la tensión entre los terminales de ese resistor.

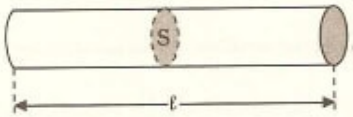
802 Una serpentina de calentamiento, conectada a una línea de 110V, consume 5A. Determine la resistencia de esa serpentina.

803 La corriente eléctrica i, en función de la diferencia de potencial U aplicada a los extremos de dos resistores, R_1 y R_2, está representada en la figura. Calcule R_1 y R_2.



b) 2ª ley de Ohm

Considerando un hilo conductor de longitud ℓ y sección transversal de área S.



A través de experiencias, Ohm verificó que la resistencia eléctrica R es directamente proporcional a la longitud del hilo conductor e inversamente proporcional al área de su sección transversal.

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

En que la constante de proporcionalidad ρ (ro) es la *resistividad eléctrica* del material, que depende de su naturaleza y de la temperatura.

En unidades del SI, la unidad de resistividad eléctrica es Ω · m.

Problema de Aplicación

La resistividad eléctrica del cobre es de $1,7 \cdot 10^{-8}\Omega m$. Calcule la resistencia de un hilo de cobre de 0,5m de longitud y $0,85cm^2$ de área de sección transversal.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} \rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\Omega m \\ \ell = 0,5m \\ S = 0,85cm^2 = 0,85 \cdot 10^{-4}m^2 \end{cases}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{S} \Rightarrow R = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,5}{0,85 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow R = 10^{-4}\Omega$$

Respuesta: $10^{-4}\Omega$

Subido por Leazeel

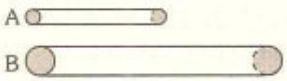
PROBLEMAS PROPUESTOS

804 La resistividad del cobre es $1{,}7 \cdot 10^{-8}\Omega m$. Halle la resistencia de un hilo de cobre de 4m de longitud y $0{,}04cm^2$ de área de sección transversal.

805 Un hilo de hierro de 2m de longitud tiene una resistencia de 5Ω. Sabiendo que la resistividad eléctrica del hierro es $10 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$, determine el área de su sección transversal.

806 La resistencia eléctrica de un hilo de 300m de longitud y de 0,3cm de diámetro es de 12Ω. Determine la resistencia eléctrica de un hilo del mismo material con un diámetro de 0,6cm y 150m de longitud.

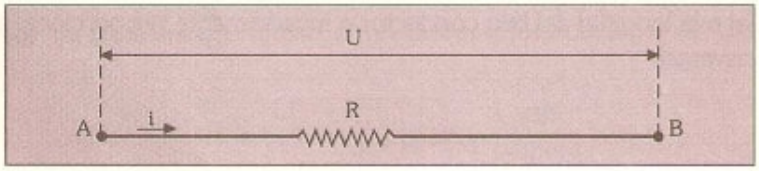
807 Dos hilos, A y B, del mismo material tienen x y 2x de longitud, respectivamente, y área de sección transversal a y 4a. Siendo R_A y R_B sus resistencias eléctricas, calcule la relación $\frac{R_A}{R_B}$.



808 El filamento de tungsteno de una bombilla eléctrica tiene una resistencia de 40Ω a 20°C. Sabiendo que sección transversal mide $0{,}12mm^2$ y que la resistividad vale $5{,}51\mu\Omega m$, determine la longitud del filamento.

3 Potencia disipada

Considerando un resistor de resistencia R, sometido a la tensión U y recorrido por una corriente i.



Se sabe, por Electrostática, que el trabajo τ para desplazar una cantidad de carga ΔQ del punto A al punto B está dado por:

$$\tau = \Delta Q \cdot (V_A - V_B) \Rightarrow \tau = \Delta Q \cdot U$$

Dividiéndose ambos miembros por el intervalo de tiempo Δt transcurrido para que la carga ΔQ se traslade de A a B, se obtiene:

$$\frac{\tau}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot U \Rightarrow \boxed{P = Ui}$$

La potencia disipada P en un trecho AB de un conductor cualquiera está dada por el producto de la ddp U, entre los puntos A y B, por la intensidad de la corriente eléctrica i entre esos puntos.

Para los resistores óhmicos, se puede sustituir la tensión U por su valor Ri, dado por la 1ª ley de Ohm.

Entonces: $\boxed{P = Ri^2}$ o $\boxed{P = \frac{U^2}{R}}$

Subido por Leazeel

El término *disipar* es usado en el sentido de consumir. Luego, la cantidad de energía eléctrica consumida en el resistor, durante cierto intervalo de tiempo Δt, vale:

$$\mathcal{E} = P\Delta t$$

Una unidad de energía más utilizada es el kilowatt hora (kWh). Un kWh es la cantidad de energía con potencia de 1kW, que es transformada en el intervalo de 1h.

Relación entre el kWh y el J:

$1kWh = 1\,000W \cdot 3\,600s = 3,6 \cdot 10^6 J$

$$1kWh = 3,6 \cdot 10^6 J$$

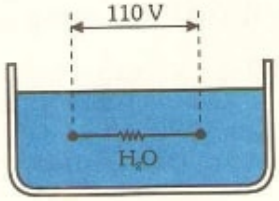
Problemas de Aplicación

1 Una resistencia de inmersión de 4Ω fue conectada a una fuente de tensión de 110V. Determine el tiempo necesario para que ella caliente 80kg de agua de 20°C a 70°C.

Siendo: calor específico del agua = 1cal/g°C y 1cal = 4,2J.

Solución:

Esquema:



Datos
- $R = 4\Omega$
- $U = 110V$
- $m = 80kg = 80\,000g$
- $c = 1cal/g°C$
- $t_f = 70°C$
- $t_i = 20°C$

- Cálculo de la cantidad de calor:

$Q = m \cdot c \cdot (t_f - t_i) \Rightarrow Q = 80\,000 \cdot 1 \cdot (70 - 20)$

$Q = 4 \cdot 10^6 cal$

Pasando a joule:

$Q = 4 \cdot 10^6 \cdot 4,2 = 16,8 \cdot 10^6 J$

Considerando que toda energía eléctrica consumida por el resistor es transformada en calor, se tiene:

$$\mathcal{E} = Q \Rightarrow P \cdot \Delta t = Q \Rightarrow \frac{U^2}{R} \cdot \Delta t = Q$$

$$\frac{110^2}{4} \cdot \Delta t = 16,8 \cdot 10^6$$

$$\Delta t = 5,55 \cdot 10^3 s$$

Respuesta: $5,55 \cdot 10^3$ s

Subido por Leazeel

2 Una plancha eléctrica consume una potencia de 2 200W cuando es conectada a una tensión de 110V. Calcule:

a) la intensidad de la corriente eléctrica;

b) la resistencia eléctrica de la plancha;

c) la energía consumida en 2h, en calorías. (Adopte 1cal = 4,2J.)

Solución:

Datos $\begin{cases} P = 2\,200W \\ U = 110V \\ \Delta t = 2h = 7\,200s \end{cases}$

a) $P = Ui \Rightarrow 2\,200 = 110i \Rightarrow i = 20A$

b) $U = Ri \Rightarrow 110 = R \cdot 20 \Rightarrow R = 5{,}5\Omega$

c) $\mathcal{E} = P \cdot \Delta t \Rightarrow \mathcal{E} = 2\,200 \cdot 7\,200 \Rightarrow \mathcal{E} = 1\,584 \cdot 10^4 J$

Estableciendo una regla de tres, se tiene:

cal	joule
1	4,2
x	$1\,584 \cdot 10^4$

$\Rightarrow x = 3{,}77 \cdot 10^6 cal$

Respuesta: a) 20A b) 5,5Ω c) $3{,}77 \cdot 10^6$cal

PROBLEMAS PROPUESTOS

809 Un resistor de 20Ω está conectado a una fuente de tensión de 600V.

a) ¿Cuál es la potencia consumida?

b) ¿Cuál es la energía consumida en 1 h?

810 Responda a las siguientes cuestiones.

a) ¿Cuál es la resistencia de una lámpara de 220V y 60W?

b) Suponiendo que la resistencia varía poco con la temperatura, ¿cuál es la potencia disipada cuando la lámpara está conectada a un tomacorriente de 110V?

811 Un alumno necesita un resistor que, conectado a un tomacorriente de 220V, genere 2 200W de potencia térmica. El construye el resistor usando hilo de constantan nº 30, con el área de sección transversal de $5 \cdot 10^{-2} mm^2$ y resistividad eléctrica de $5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$.

a) ¿Qué corriente eléctrica pasará por el resistor?

b) ¿Cuál será su resistencia eléctrica?

c) ¿Cuántos metros de hilo deberán ser utilizados?

812 Una ducha eléctrica de 220V disipa una potencia de 2,2kW.

a) ¿Cuál es el costo de un baño de 10min de duración si la tarifa es de 0,50 unidad monetaria por kWh?

b) Dejándose duplicar la variación de temperatura del agua, manteniéndose constante su caudal, ¿cuál debe ser la nueva resistencia de la ducha?

813 Se desea proyectar un calentador eléctrico que sea capaz de elevar la temperatura de 100kg de agua de 20°C a 56°C en dos horas.

a) ¿Qué potencia debe tener ese calentador?

b) Si el calentador es proyectado para ser conectado a 220 volts, ¿qué valor de resistencia deberá ser escogido? (Considere el calor específico del agua 4,2J/g · °C y suponga que todo el calor desarrollado en el calentador sea usado para elevar la temperatura del agua.)

814 Se desea proyectar un hervidor que sea capaz de elevar la temperatura de 1 litro de agua de 20°C a 100°C en 2min. Suponiendo que todo el calor desarrollado en el hervidor sea usado para calentar el agua y considerando el calor específico del agua $4{,}2 \cdot 10^3 J/kg°C$ y la densidad del agua 1kg/litro, determine:

a) la potencia del hervidor;

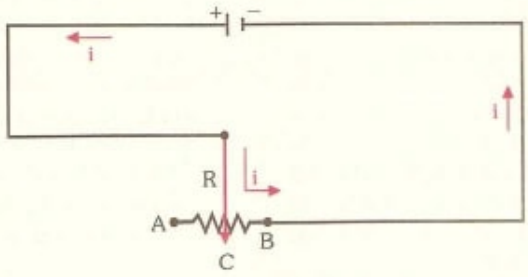
b) su resistencia, si es proyectado para ser conectado a 120V.

Subido por Leazeel

4 Reóstatos

Son resistores de resistencia eléctrica variable constituidos básicamente del resistor propiamente dicho y de un dispositivo que permite variar la intensidad de su resistencia eléctrica.

Los interruptores eléctricos utilizados en los paneles de automóviles y en las residencias controlan a través de un *reóstato de cursor* la intensidad de la corriente y, por lo tanto, de la luz, girando o desplazando un botón.

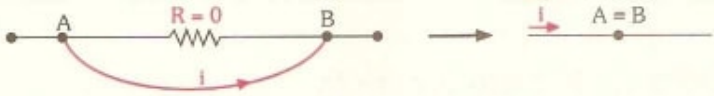


Esquema de un reóstato de cursor

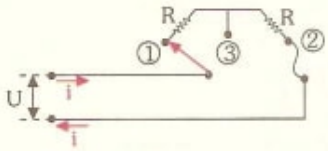
A medida que el cursor C se desliza sobre el resistor AB en el sentido de A a B, la resistencia R va asumiendo valores menores y, consecuentemente, la intensidad de la corriente crece, pues $U = R \cdot i$.

Cuando el cursor alcanza el punto B, la resistencia se vuelve nula ($R = 0$).

Esa condición de resistencia nula caracteriza un fenómeno importante, el *cortocircuito*.



En las duchas eléctricas, la variación de la resistencia a través de un *reóstato de puntos* posibilita un mayor o menor calentamiento del agua.



Como en una ducha la ddp se mantiene constante, cuanto *menor* la resistencia *mayor* la potencia.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Por lo tanto:
- ①= tibio
- ②= frío
- ③= caliente

La representación de un reóstato en el circuito eléctrico está hecha a través del símbolo:

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

815 Se verifica que la ducha eléctrica de una residencia no está calentando suficientemente el agua. Sabiendo que la tensión U aplicada a la ducha es constante, ¿qué se haría con la resistencia de la ducha para que haya mayor calentamiento del agua? Explique la función de la llave selectora "invierno/verano" que se halla en las duchas eléctricas.

816 Durante el invierno, la ducha eléctrica de la residencia de un electricista aprendiz no calienta el agua lo suficiente para proporcionar un baño agradable. El resuelve, entonces, duplicar la longitud del hilo metálico que compone la resistencia de la ducha, pretendiendo, con eso, que ella caliente más aún la misma cantidad de agua.

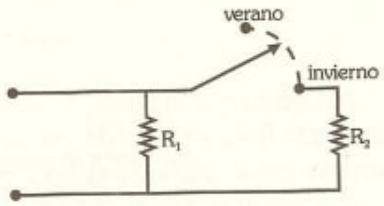
a) ¿El electricista aprendiz consigue su intento? Explique. Si Ud. discrepa con la idea de él, dé una sugerencia.

b) Si la ddp en los terminales de la resistencia de 100Ω de la ducha es de 220V, ¿cuál será la corriente que la recorrerá? En ese caso, si el kWh cuesta 0,50 unidad monetaria, ¿qué importe será gastado por semana en el caso que la ducha sea usada durante 1 hora por día?

817 El sistema de calentamiento de una ducha eléctrica está representado en la figura. Con la llave en la posición "invierno" la ducha disipa 2 200W mientras que en la posición "verano" disipa 1 100W. La tensión en la red de alimentación es de 110V. Admitiendo que los valores de esas resistencias no varían con la temperatura, responda a las siguientes preguntas:

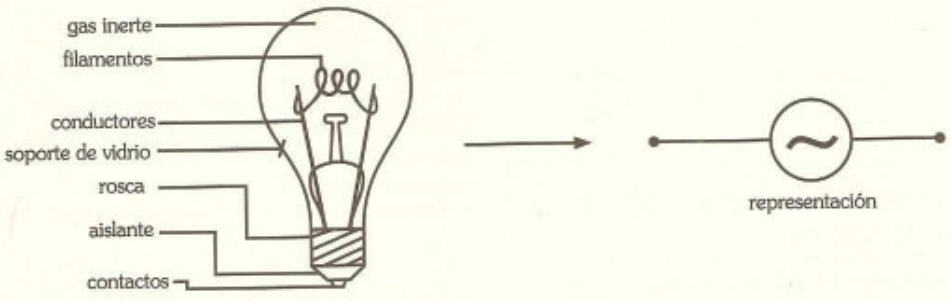
a) ¿Cuál es el valor de la corriente que pasa por el hilo de alimentación de la ducha cuando ésta es conectada en la posición "invierno"?

b) ¿Cuál es el valor de las resistencias R_1 y R_2?



5 Bombilla de incandescencia

Consta de un hilo de tungsteno en forma de espiral, llamado *filamento*, colocado dentro de un bulbo de vidrio para evitar la oxidación.



Dentro del bulbo se coloca un gas inerte: criptón o argón, que retarda la sublimación del filamento.

Cuando atravesado por una corriente, el filamento se calienta y se vuelve incandescente, pasando a emitir luz.

En la bombilla eléctrica viene grabada una potencia nominal y una tensión nominal. Por ejemplo: 60W–110V.

Subido por Leazeel

La *luminosidad* o *brillo* de una bombilla eléctrica se relaciona con la tensión a la cual es conectada.

tensión nominal	⇒	brillo normal
tensión menor que la nominal	⇒	brillo menor que el normal
tensión mayor que la nominal	⇒	brillo mayor que el normal: la bombilla se puede quemar

PROBLEMAS PROPUESTOS

818 La dueña de una casa, donde las bombillas se conectan a una tensión de 110V y se queman con mucha frecuencia, piensa adquirir bombillas de 130V en vez de 110V como es habitual, suponiendo que esas tendrán mayor durabilidad. ¿Es válido ese procedimiento?

Capítulo **3**

Asociación de resistores

1 Introducción

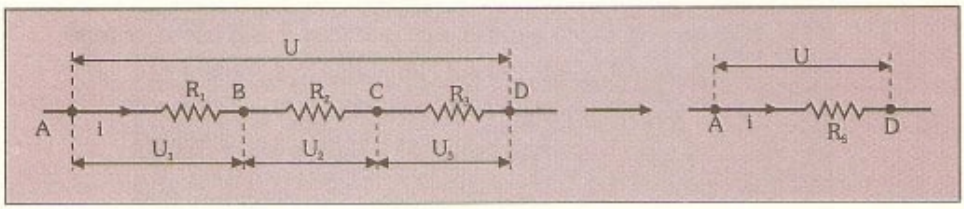
En muchos casos prácticos se tiene la necesidad de una resistencia mayor que la proporcionada por un único resistor. En otros casos, un resistor no soporta la intensidad de corriente que debe atravesarlo. En esas situaciones se utilizan varios resistores asociados entre sí.

Los resistores se pueden asociar *en serie*, *en paralelo* o en una combinación de ambas, a la cual se la denomina *asociación mixta*.

El resistor que sustituye a todos los resistores de cualquier asociación y produce el mismo efecto se denomina *resistor equivalente*.

2 Asociación en serie

A un circuito eléctrico con resistores unidos, uno seguido del otro, de modo a ofrecer un único trayecto a la corriente, se denomina *circuito en serie*.



Subido por Leazeel

Las características de la asociación son las siguientes:

1ª) la intensidad de la corriente i es la misma en todos os resistores:

$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

2ª) la tensión U en la asociación es igual a la suma de las tensiones en cada resistor:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Aplicando la 1ª ley de Ohm a cada uno de los resistores, se puede calcular la resistencia del resistor equivalente de la asociación de la siguiente forma:

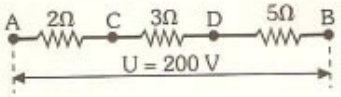
$R_s \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i \Rightarrow R_s \cdot i = i\,(R_1 + R_2 + R_3)$

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

En una asociación en serie se observa que cuanto más resistivos son los resistores componentes mayor es la resistencia total y menor la corriente del circuito.

Problema de Aplicación

Dada la asociación:



determine:

a) la intensidad de la corriente en cada resistor;

b) la tensión entre los terminales de cada resistor.

Solución:

a) Cálculo de la resistencia equivalente:

$R_{AB} = R_{AC} + R_{CD} + R_{DB} \Rightarrow R_{AB} = 2 + 3 + 5 \Rightarrow R_{AB} = 10\Omega$

Cálculo de la corriente:

$U = R_{AB} \cdot i \Rightarrow 200 = 10i$

$i = 20A$

b) Como la corriente en cada resistor es la misma, se tiene:

$U_{AC} = R_{AC} \cdot i = 2 \cdot 20 = 40V \therefore U_{AC} = 40V$

$U_{CD} = R_{CD} \cdot i = 3 \cdot 20 = 60V \therefore U_{CD} = 60V$

$U_{DB} = R_{DB} \cdot i = 5 \cdot 20 = 100V \therefore U_{DB} = 100V$

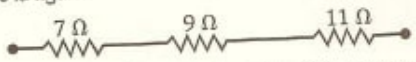
$U_{AB} = U_{AC} + U_{CD} + U_{DB}$

Respuesta: a) 20A b) 40V, 60V y 100V

Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

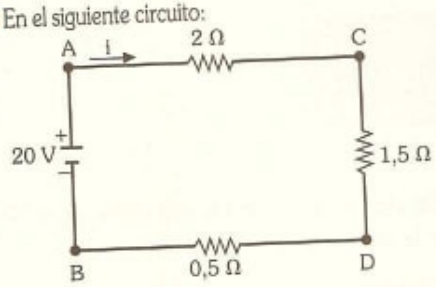
819 Calcule la resistencia equivalente de la asociación de la figura.



820 Dos resistores de resistencias 6Ω y 4Ω se asocian en serie. Sabiendo que la intensidad de la corriente de la asociación es de 30A, calcule la tensión y la potencia en cada resistor.

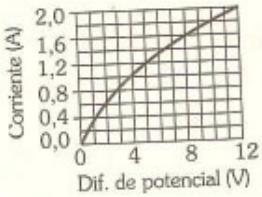
821 Una bombilla eléctrica de 30V tiene una resistencia de 6Ω. Determine la resistencia que debe ser colocada en serie con ella, sabiendo que debe ser utilizada en una tensión de 110V.

822 En el siguiente circuito:



determine:
a) la intensidad de corriente i;
b) la tensión entre los puntos A y C; C y D; D y B.

823 El siguiente gráfico representa la corriente que pasa por una bombilla eléctrica, para uso en automóvil, en función a la diferencia de potencial aplicada a sus terminales. Utilizando el gráfico, determine la diferencia de potencial que se debe aplicar a la asociación de dos bombillas en serie, para que sean atravesadas por una corriente de 1,2A.

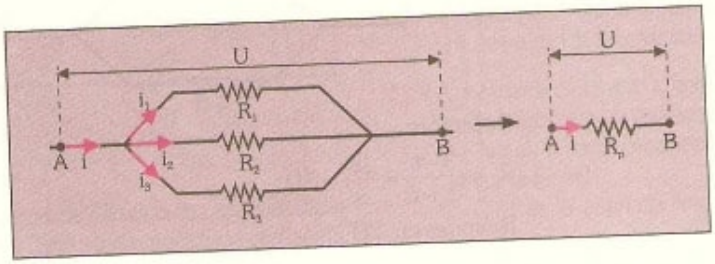


824 ¿Cuál es el valor de la resistencia que se debe asociar en serie a una bombilla de 110V–60W para que ella trabaje dentro de su tensión específica, en un lugar donde la tensión de la red es 125V?

825 Una asociación en serie de dos resistores de 4Ω y 6Ω es conectada a los terminales de un generador de tensión de 20 volts. Determine la energía eléctrica consumida por el resistor de 4Ω durante 1min.

3 Asociación en paralelo

Cuando dos o más resistores están unidos a través de dos puntos en común en un circuito, de modo a ofrecer trayectos separados para la corriente, se tiene un *circuito en paralelo*.



Subido por Leazeel

Las características de esa asociación son las siguientes:

1ª) la tensión U es la misma en todos los resistores, pues están unidos a los mismos terminales A y B;

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

2ª) la corriente i en la asociación es igual a la suma de las corrientes en cada resistor:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

Aplicando la 1ª ley de Ohm a cada uno de los resistores, se puede determinar la resistencia del resistor equivalente:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \Rightarrow \frac{U}{R_p} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \Rightarrow \frac{U}{R_p} = U\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Observaciones:

a) La resistencia del resistor equivalente de dos resistores en paralelo, R_1 y R_2, se puede calcular directamente a partir de la expresión:

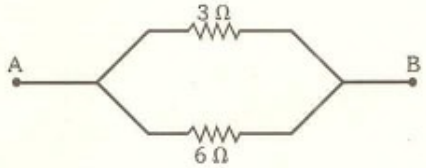
$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

b) La resistencia del resistor equivalente de n resistores R, iguales, se puede calcular a partir de la expresión:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

Problemas de Aplicación

1 En la asociación de la figura, calcule la resistencia equivalente:



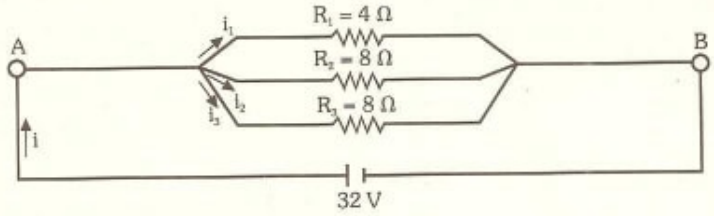
Solución:

$$R_p = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\Omega$$

Respuesta: 2Ω

Subido por Leazeel

2 Dada la asociación:



calcule:

a) la resistencia del resistor equivalente entre A y B;

b) la intensidad de corriente total del circuito;

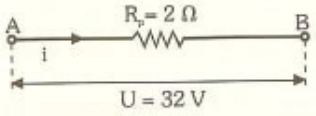
c) la intensidad de corriente en cada resistor.

Solución:

a) Los resistores entre A y B están asociados en paralelo. Luego:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_p} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8} \Rightarrow R = 2\Omega$$

b)



$U = Ri \Rightarrow 32 = 2i \Rightarrow i = 16A$

c) Los tres resistores de la asociación están bajo la misma tensión. Luego:

$U = R_1 i_1 \Rightarrow 32 = 4i_1 \therefore i_1 = 8A$

$U = R_2 i_2 \Rightarrow 32 = 8i_2 \therefore i_2 = 4A$

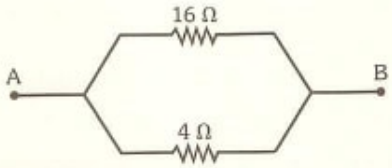
$U = R_3 i_3 \Rightarrow 32 = 8i_3 \therefore i_3 = 4A$

Respuesta: a) 2Ω b) 16A c) 8A, 4A y 4A

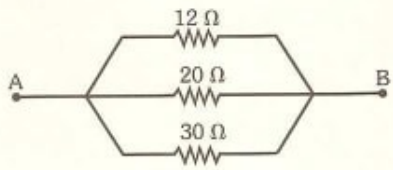
PROBLEMAS PROPUESTOS

826 Calcule la resistencia equivalente de las asociaciones de las figuras.

a)

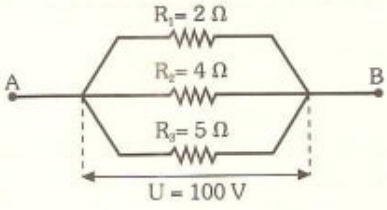


b)



827 Seis resistencias, de 24Ω cada una, están asociadas en paralelo. Determine la resistencia equivalente de la asociación.

828 Considere la asociación de la figura.



Determine:

a) la intensidad total de la corriente en el circuito;

b) la intensidad de la corriente en cada resistor.

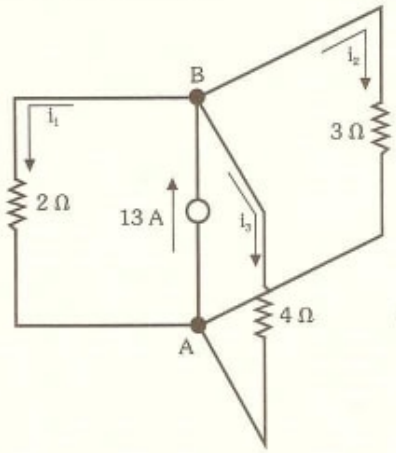
829 A una batería de 12 volts se conectan dos resistores por los cuales pasan respectivamente 0,5A y 1,5A.

a) ¿Cuál es la carga suministrada por la batería durante 5min?

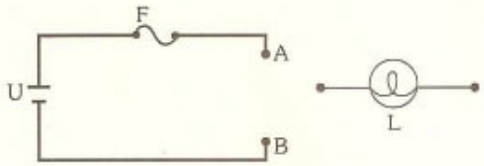
b) ¿Cuál es la potencia total disipada en los resistores?

Subido por Leazel

830 En la asociación de la figura, determine:
a) la resistencia equivalente de la asociación;
b) la diferencia de potencial entre A y B;
c) las corrientes i_1, i_2 e i_3.

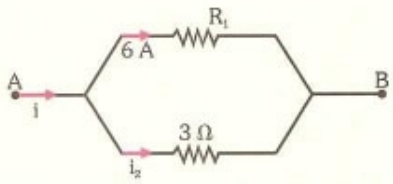


831 En el circuito de la figura, F representa un fusible que soporta hasta 4A sin quemarse y U = 9V es suministrada por una batería. Se dispone de diferentes bombillas óhmicas, cuyas características, escritas en el vidrio del bulbo, son 9V – 6W.



a) ¿Cúantas bombillas L se pueden asociar en paralelo en los terminales A y B sin "quemar" el fusible? Desprecie la resistencia del fusible en este punto.
b) Si el fusible está hecho de un hilo de cobre (resistividad media $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\,\Omega \cdot m$) de 1mm² de área de sección transversal y 2cm de longitud, ¿cuál será la resistencia real?

832 En la asociación U_{AB} = 12V, determine i_2 y R_1.

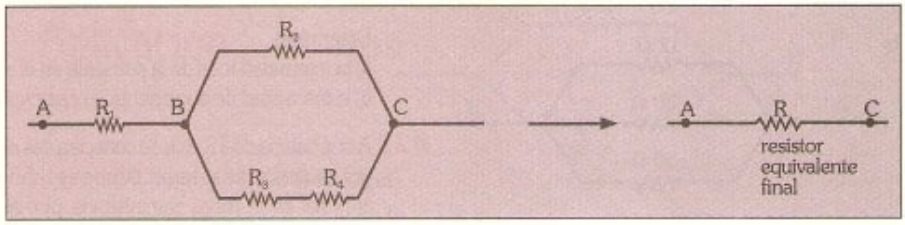


833 Considere dos resistores que, a la misma temperatura, tienen la misma resistencia R. Se asocian los dos resistores, inicialmente en serie y después en paralelo.
a) Calcule las resistencias equivalentes a las asociaciones.
b) Se modifican ahora las temperaturas de los resistores, de modo que uno de ellos tiene su resistencia disminuida en 10% y la otra aumentada en 10%. Calcule las resistencias equivalentes de las asociaciones en serie y en paralelo en estas condiciones.

834 Se conecta una resistencia R en paralelo a una resistencia de 17Ω, con el objetivo de disminuir 25% de la resistencia de 17Ω. Determine el valor de R.

4 Asociación mixta

Es aquella en la que se encuentran, al mismo tiempo, resistores asociados en serie y en paralelo, como se indica en la figura esquemática.

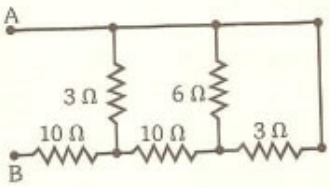


La determinación del resistor equivalente final se realiza a partir de la sustitución de cada una de las asociaciones, en serie o en paralelo, que compone el circuito por su respectiva resistencia equivalente.

Subido por Leazeel

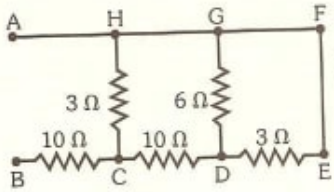
Problemas de Aplicación

1 Halle el resistor equivalente entre A y B de la asociación de resistores que se indica en la figura.

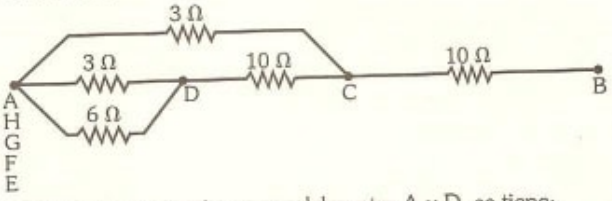


Solución:

Inicialmente se van a colocar letras en todos los puntos en que se cree que la corriente pueda ser dividida.

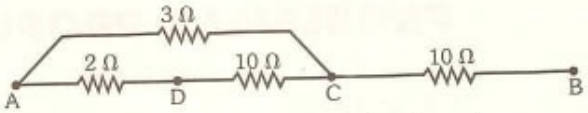


Los puntos E, F, G, H y A están en cortocircuito. Por lo tanto, son puntos coincidentes, es decir, $A \equiv E \equiv F \equiv G \equiv H$. En base a eso, se efectúa un cambio en la asociación, fijando los puntos A y B, como sus extremos, y C y D, entre tales extremos. Luego de ese cambio, se marcan las respectivas resistencias entre esos puntos.



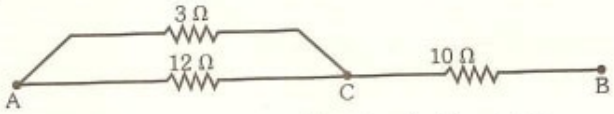
Resolviendo la asociación en paralelo entre A y D, se tiene:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2+1}{6} = \frac{3}{6} \Rightarrow R = 2\Omega$$



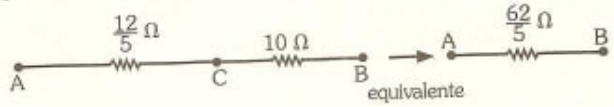
Resolviendo la asociación en serie entre A y C, se tiene:

$R_s = 2 + 10 = 12\Omega$



Resolviendo la asociación en paralelo entre A y C, se tiene:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{12} = \frac{4+1}{12} = \frac{5}{12} \Rightarrow R = \frac{12}{5}$$

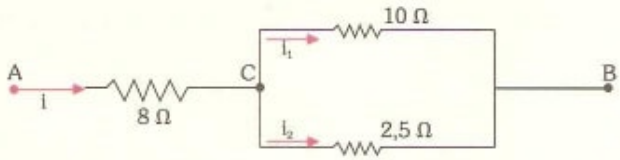


$$R = \frac{12}{5} + 10 = \frac{12+50}{5} = \frac{62}{5}\Omega$$

Respuesta: $\frac{62}{5}\Omega$

Subido por Leazeel

2 En el circuito eléctrico de la figura, $U_{AB} = 20V$.

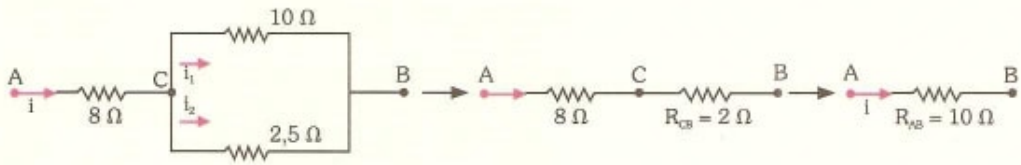


Determine:

a) la potencia térmica disipada entre C y B;

b) la intensidad de las corrientes i_1 e i_2.

Solución:



a) Cálculo de la resistencia equivalente R_{CB}:

$$R_{CB} = \frac{10 \cdot 2,5}{10 + 2,5} = \frac{25}{12,5} = 2\Omega$$

Cálculo de la resistencia equivalente R_{AB}:

$R_{AB} = 8 + 2 = 10\Omega$

Cálculo de la corriente:

$U_{AB} = R_{AB} \cdot i \Rightarrow 20 = 10 \cdot i \Rightarrow i = 2A$

Respuesta: a) 8W b) $i_1 = 0,4A$; $i_2 = 1,6A$

Cálculo de la potencia disipada en CB:

$P = R_{CB} \cdot i^2 \Rightarrow P = 2 \cdot 2^2 \Rightarrow P = 8W$

b) $U_{CB} = R_{CB} \cdot i \Rightarrow U_{CB} = 2 \cdot 2 \Rightarrow U_{CB} = 4V$

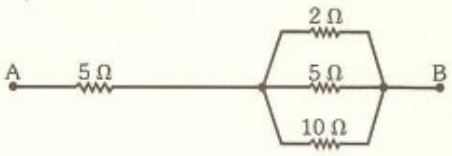
$U_{CB} = 10 \cdot i_1 \Rightarrow 4 = 10 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 0,4A$

$U_{CB} = 2,5 \cdot i_2 \Rightarrow 4 = 2,5 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 1,6A$

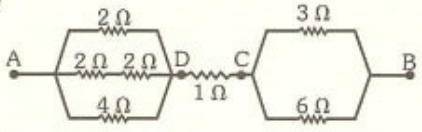
PROBLEMAS PROPUESTOS

835 Calcule la resistencia equivalente entre los puntos A y B de las siguientes asociaciones:

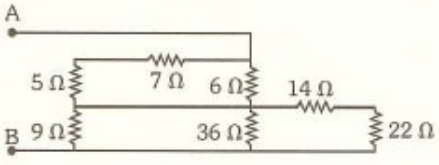
a)



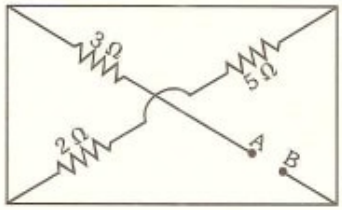
b)



c)

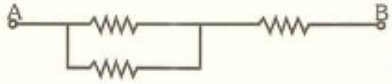


836 Determine la resistencia entre los puntos A y B de la asociación que se indica en la figura.

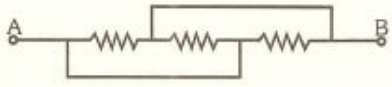


837 Un estudiante recibió de su profesor dos resistores de 12Ω de resistencia cada uno. Calcule la resistencia del resistor equivalente en cada caso.

a)



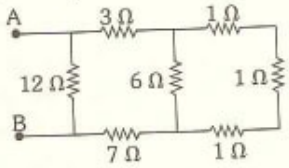
b)



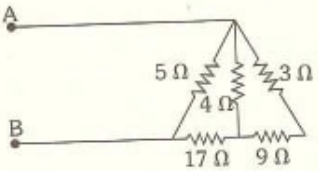
Subido por Leazeel

838 Calcule la resistencia del resistor equivalente entre los puntos A y B de los circuitos de las figuras.

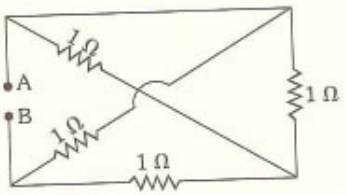
a)



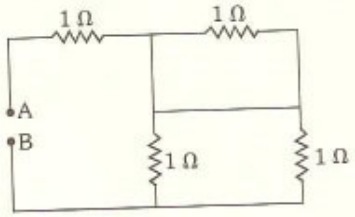
b)



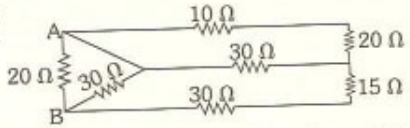
c)



d)



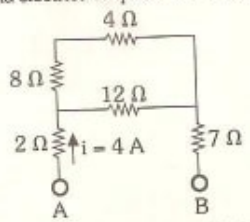
e)



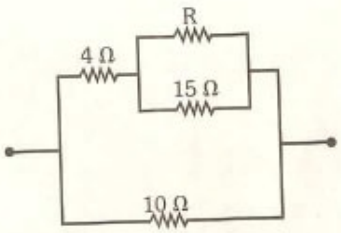
839 La estudiante Rosmary dispone de tres hilos conductores iguales entre sí, cada uno con resistencia eléctrica R.
Sugiera a Rosmary una forma de conectar dos o tres de estos resistores entre sí, de modo a obtener:
a) la menor resistencia eléctrica posible;
b) la mayor resistencia eléctrica posible;
c) una resistencia eléctrica igual a R/2;
d) una resistencia eléctrica igual a 1,5R.

840 Se dispone de varios resistores iguales de resistencia R = 1Ω.
a) Haga un esquema mostrando el número mínimo de resistores necesarios y la manera como ellos se deben asociar para obtener una resistencia equivalente a 1,5Ω.
b) Muestre el esquema de otra asociación de los resistores disponibles que también tenga una resistencia equivalente a 1,5Ω.

841 Para el tramo del circuito que se indica en la figura, calcule:
a) la diferencia de potencial entre los puntos A y B;
b) la potencia eléctrica disipada en el resistor de 7Ω.

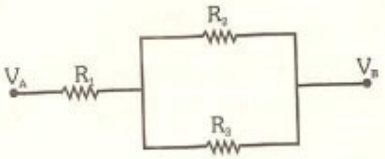


842 Considere el circuito y determine el valor de R, de tal forma que las corrientes en los resistores de 4Ω y 10Ω sean iguales.



843 Varias bombillas eléctricas idénticas se asocian en paralelo a una red de alimentación de 110 volts. La corriente eléctrica que recorre cada bombilla es de $\frac{6}{11}$ amperes.
a) ¿Cuál es la potencia disipada en cada bombilla?
b) Si la instalación de las bombillas está protegida por un fusible que soporta hasta 15A, ¿cuántas bombillas como máximo, se pueden conectar?

844 En el circuito que se ilustra en la figura, calcule en watts la potencia disipada en el resistor R_1.



Siendo: $R_1 = 8\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 6\Omega$ y $V_A - V_B = 33V$.

845 Un circuito contiene 3 resistores (R_1, R_2 y R_3) y una batería de 12V cuya resistencia interna es despreciable. Las corrientes que recorren los resistores R_1, R_2 y R_3 son 20mA, 80mA y 100mA, respectivamente. El resistor R_2 tiene una resistencia igual a 25Ω.
a) Esquematice el circuito eléctrico.
b) Calcule los valores de las otras dos resistencias.

SubidoporLeazeel

Capítulo

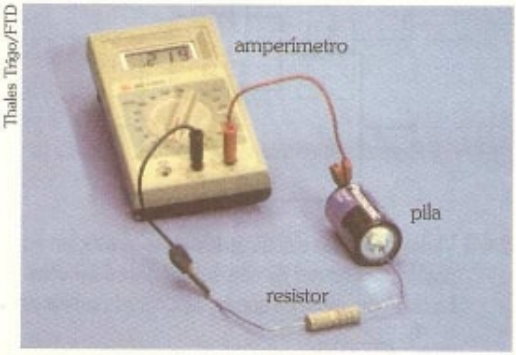
4 Medidores eléctricos

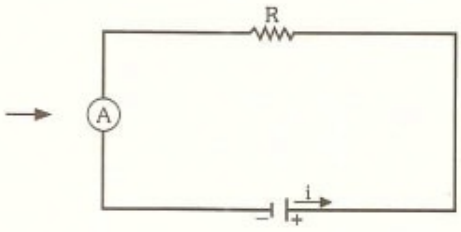
1 Amperímetro

Los dispositivos de seguridad, tales como los fusibles, se deben colocar *en serie* en los circuitos, pues, cuando la corriente se eleva, ellos se funden, causando la interrupción de la corriente eléctrica y evitando que los aparatos se dañen.

Así, también cuando se desea medir la intensidad de la corriente en un conductor, se debe conectar el *amperímetro en serie* con el conductor, pues la corriente que lo atraviesa es la misma que pasa por el conductor.

Thales Trigo/FTD





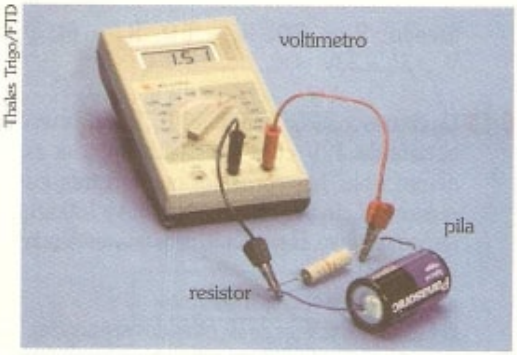
La resistencia del amperímetro debe ser muy pequeña para que no modifique la corriente en el circuito.

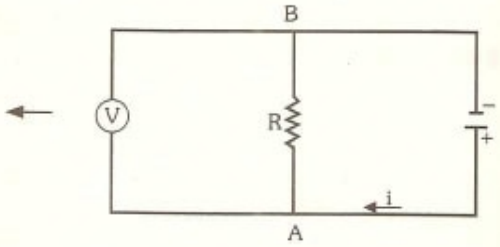
El amperímetro que tiene resistencia interna prácticamente nula se denomina amperímetro ideal.

2 Voltímetro

La medida de la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito se realiza con un voltímetro, que se debe colocar en paralelo con el tramo que se desea medir.

Thales Trigo/FTD

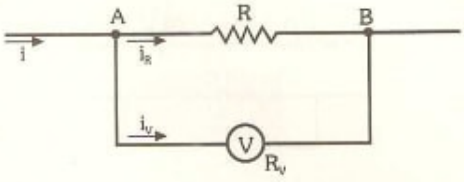




Subido por Leazeel

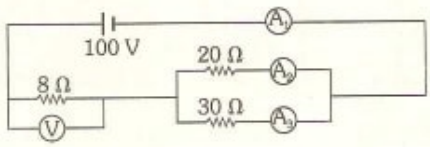
Para que la presencia del voltímetro no interfiera en el circuito, éste debe recibir la menor intensidad de corriente posible, lo que se consigue haciendo que su resistencia interna sea la mayor posible.

En la asociación, la ddp entre los puntos A y B se da por: $U_{AB} = R_v \cdot i_v$. Entonces, cuanto mayor la resistencia interna R_v del voltímetro, menor la corriente i_v desviada por él.



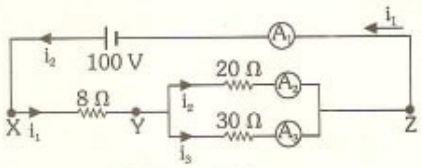
Problema de Aplicación

Determine, en el siguiente circuito, las lecturas del voltímetro V y de los amperímetros A_1, A_2 y A_3:



Solución:

Simplificando el circuito, se tiene:



La resistencia equivalente en YZ es:

$$R_{YZ} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\Omega$$

La resistencia equivalente de la asociación es:

$$R_{XZ} = 8 + 12 = 20\Omega$$

$$U = R_{XZ} \cdot i_1 \Rightarrow 100 = 20 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 5A \therefore A_1 = 5A$$

La ddp entre Y y Z es:

$$U_{YZ} = 12 \cdot 5 \Rightarrow U_{YZ} = 60V$$

• Cálculo de i_2 e i_3:

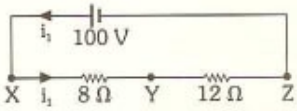
$$U_{YZ} = 20 \cdot i_2 \Rightarrow 60 = 20 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 3A \therefore A_2 = 3A$$

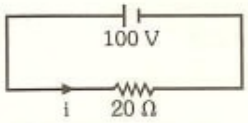
$$U_{YZ} = 30 \cdot i_3 \Rightarrow 60 = 30 \cdot i_3 \Rightarrow i_3 = 2A \therefore A_3 = 2A$$

La lectura en (V) corresponde a U_{XY}.

$$U_{XY} = 8 \cdot i_1 \Rightarrow U_{XY} = 8 \cdot 5 = 40V$$

Respuesta: 40V, 5A, 3A y 2A

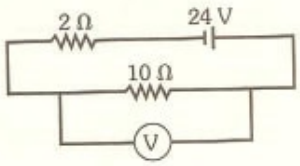




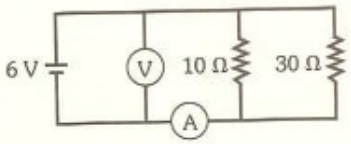
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

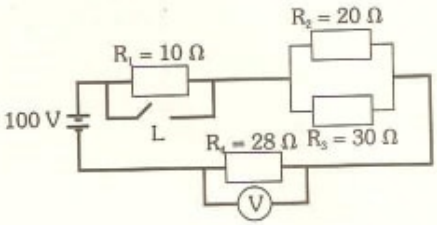
846 En el circuito de la figura, calcule la lectura del voltímetro ideal V.



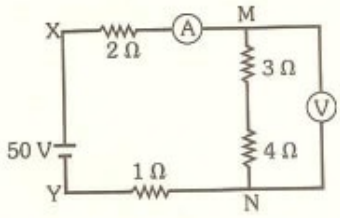
847 En el circuito de la figura, determine:
a) la lectura del amperímetro ideal;
b) la indicación del voltímetro ideal.



848 En el circuito esquematizado, determine el valor del voltaje que indica el voltímetro V cuando:
a) la llave L está abierta;
b) la llave L está cerrada.
Hipótesis: R_v es mucho mayor que R_4.



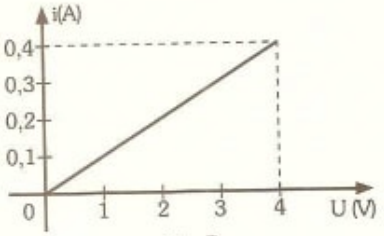
849 ¿Cuáles son las lecturas del amperímetro y del voltímetro en el circuito indicado?



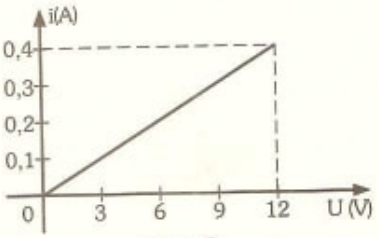
850 Para determinar la resistencia eléctrica de un resistor, se realizaron dos experiencias:
1. Un amperímetro de 20Ω de resistencia interna se conecta en serie al resistor, midiéndose una corriente de 1A.
2. El mismo amperímetro de la primera experiencia fue conectado en paralelo al resistor, midiéndose una corriente de 5A.

Sabiendo que la ddp entre los terminales de las asociaciones es la misma, determine la resistencia del resistor.

851 Dos resistores, cuyos gráficos i = f (U) están representados y conectados en serie entre los terminales de un generador.



resistor R_1



resistor R_2

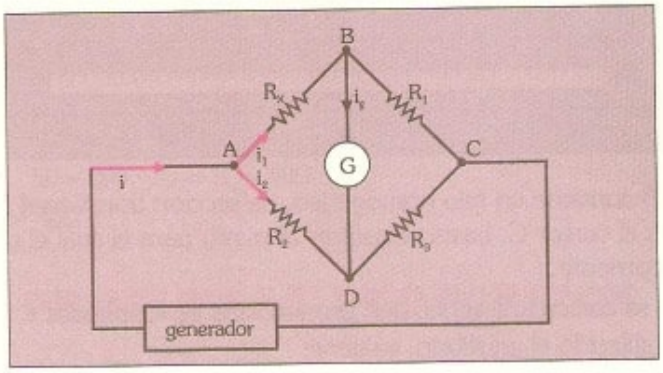
Un voltímetro conectado entre los terminales de R_1 indica 4V. Determine:
a) el valor de R_1 y R_2;
b) la resistencia equivalente;
c) la tensión entre los terminales de R_2.

Subido por Leazeel

3 Puente de Wheatstone

El puente de Wheatstone es un dispositivo que se utiliza para la determinación de la resistencia de un resistor desconocido.

Su representación esquemática es la siguiente:



Siendo R_X la resistencia que se quiere medir, R_1 un reóstato, R_2 y R_3 resistores de resistencias conocidas y G un galvanómetro. Se ajusta el reóstato convenientemente de modo que el galvanómetro no acuse el paso de la corriente eléctrica ($i_g = 0$), entre los puntos B y D. En esas condiciones, se dice que el puente está en *equilibrio*, siendo $V_B = V_D$.

Se sabe que:

$$\begin{cases} V_A - V_B = R_X \cdot i_1 \\ V_A - V_D = R_2 \cdot i_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_B - V_C = R_1 \cdot i_1 \\ V_D - V_C = R_3 \cdot i_2 \end{cases}$$

Como $V_B = V_D$, se tienen:

$$R_X \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2$$
$$R_1 \cdot i_1 = R_3 \cdot i_2$$

Dividiendo miembro a miembro, se obtiene:

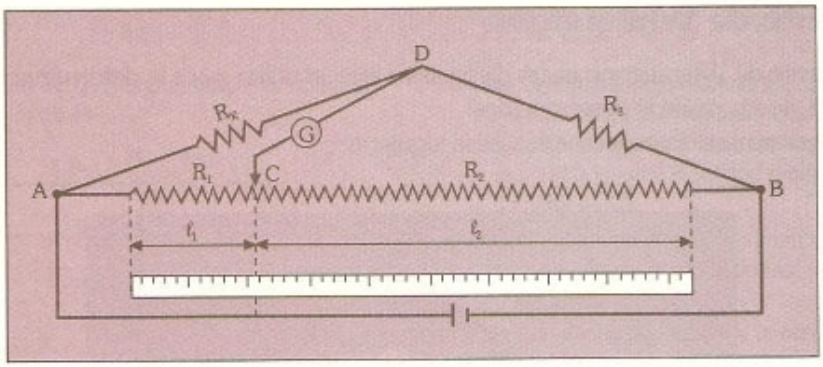
$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_2}{R_3} \Rightarrow \boxed{R_X \cdot R_3 = R_1 \cdot R_2}$$

Como R_1, R_2 y R_3 se conocen, a través de esa fórmula se puede determinar R_X.

> En un puente de Wheatstone en equilibrio, los productos de las resistencias opuestas son iguales.

En la práctica se utiliza una variante del puente de Wheatstone, que es el puente de hilo, cuyo esquema se indica en la siguiente figura:

Subido por Leazeel



El tramo AB contiene un hilo homogéneo, de sección transversal constante, sobre el cual se desliza el cursor C, hasta encontrar el punto para el cual el galvanómetro no acusa paso de corriente.

Bajo el hilo se coloca una regla, que proporciona las longitudes ℓ_1 y ℓ_2.

Una vez establecido el equilibrio, se tiene:

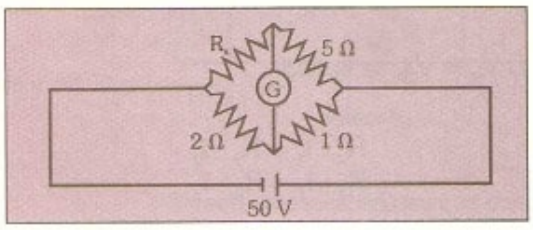
$$R_x \cdot R_2 = R_3 \cdot R_1 \Rightarrow R_x \cdot \cancel{\rho}\frac{\ell_2}{\cancel{S}} = R_3 \cdot \cancel{\rho}\frac{\ell_1}{\cancel{S}}$$

$$\boxed{R_x \ell_2 = R_3 \ell_1}$$

Conociendo ℓ_1, ℓ_2 y R_3, utilizando la fórmula se puede determinar R_x.

Problemas de Aplicación

1 El galvanómetro G del circuito de la figura no es atravesado por la corriente eléctrica.



Determine el valor de la resistencia R_x.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} R_1 = 5\Omega \\ R_2 = 2\Omega \\ R_3 = 1\Omega \end{cases}$$

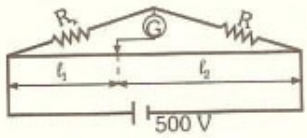
Como el galvanómetro no acusa paso de corriente, se tiene:

$$R_x \cdot R_3 = R_2 \cdot R_1 \Rightarrow R_x \cdot 1 = 5 \cdot 2 \therefore R_x = 10\Omega$$

Respuesta: 10Ω

Subido por Leazeel

2 En el circuito, $\ell_1 = 10cm$, $\ell_2 = 50cm$ y $R = 200\Omega$.



Determine el valor de R_x, cuando el galvanómetro no indica paso de corriente.

Solución:

Datos $\begin{cases} \ell_1 = 10cm \\ \ell_2 = 50cm \\ R = 200\Omega \end{cases}$

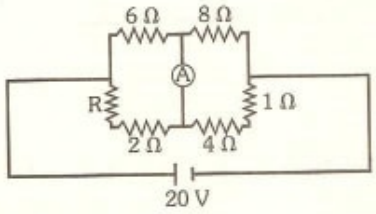
Cuando el galvanómetro no indica paso de corriente, se tiene:

$R_x \ell_2 = R\ell_1 \Rightarrow R_X \cdot 50 = 200 \cdot 10 \Rightarrow R_X = 40\Omega$

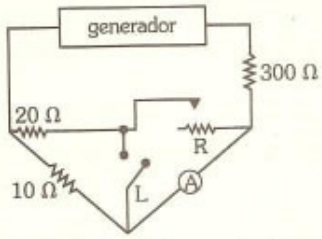
Respuesta: $R_X = 40\Omega$

PROBLEMAS PROPUESTOS

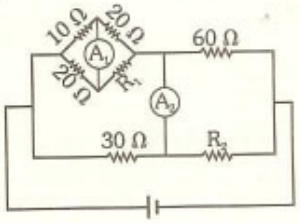
852 Determine la resistencia R, para que el amperímetro indique corriente nula.



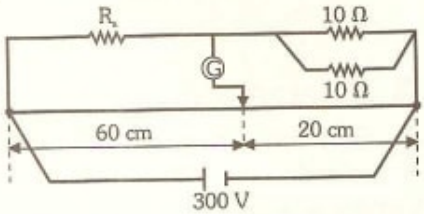
853 Para medir la resistencia de un amperímetro, se utiliza el circuito de la figura. Ajustándose el valor de R en 12Ω, se verifica que el amperímetro no altera más su marcación, cuando la llave L está abierta o cerrada. En esas condiciones, ¿cuál es la resistencia del amperímetro?



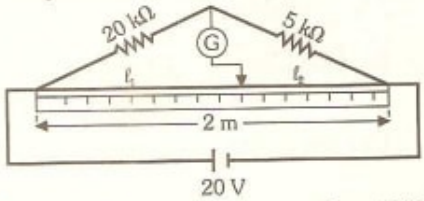
854 Dado el circuito de la figura, calcule R_1 y R_2 de modo que los amperímetros ideales A_1 y A_2 indiquen cero.



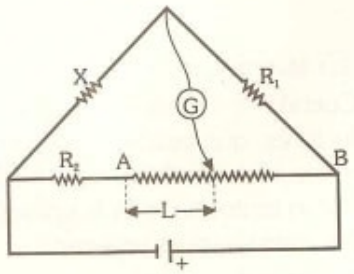
855 Dado el puente de hilo que se indica en la figura, determine el valor de R_X, sabiendo que el galvanómetro no indica paso de corriente.



856 Determine las longitudes ℓ_1 y ℓ_2 del puente de hilo en equilibrio, conforme indica la figura.



857 En el circuito que se esquematiza, $R_1 = 210\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, AB es un hilo homogéneo de sección constante, 50Ω de resistencia y 500mm de longitud. Se obtiene el equilibrio cuando L = 150mm. Determine la resistencia del resistor X.



Subido por Leazeel

Capítulo **5**

Generadores y receptores

1 Generador

Las baterías y las pilas son dispositivos destinados a mantener una diferencia de potencial entre dos puntos a los cuales están conectados y tienen como función básica aumentar la energía potencial de las cargas que los atraviesan. Esos dispositivos se denominan *fuentes de fuerza electromotriz*.

En una pila, por ejemplo, la energía resultante de las reacciones químicas que ocurren en su interior es utilizada para la realización de un trabajo sobre las cargas, haciendo que ellas adquieran un potencial mayor y consecuentemente la capacidad de suministra energía eléctrica.

> Generador es un dispositivo en el cual la energía química, mecánica o de otra cualquier naturaleza se transforma en energía eléctrica.

2 Fuerza electromotriz (f.e.m.)

Se define como *fuerza electromotriz* de un generador a la relación entre el trabajo τ realizado para transportar una carga ΔQ de un polo a otro de un generador. A la fuerza electromotriz se representa con la letra E.

$$E = \frac{\tau}{\Delta Q} \qquad \frac{J}{C} = V$$

Considerando el intervalo de tiempo Δt del desplazamiento de las cargas se tiene:

$$E = \frac{\frac{\tau}{\Delta t}}{\frac{\Delta Q}{\Delta t}} \Rightarrow E = \frac{P}{i} \qquad \frac{W}{A} = V$$

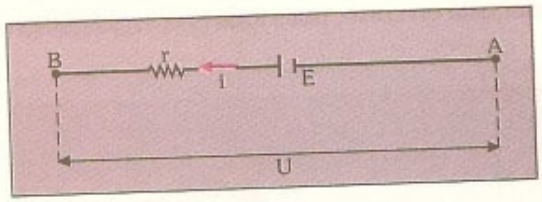
3 Ecuación del generador

Cuando la corriente eléctrica atraviesa el generador, ella lo hace a través de conductores, que también oponen cierta resistencia a su paso. A esa resistencia se la denomina *resistencia interna* r del generador.

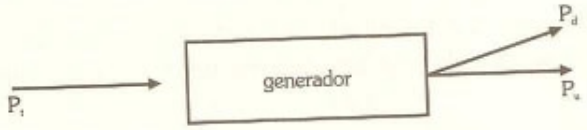
Por lo tanto, no toda la energía eléctrica que el generador suministra se entrega al circuito externo, pues una parte es consumida en el circuito interno, siendo disipada en forma de calor.

Subido por Leazeel

En los circuitos en que la resistencia interna del generador se tiene en cuenta, su representación es:



Haciendo el balanceo energético de un generador en la unidad de tiempo, se tiene el esquema de sus potencias:



$$P_t = P_u + P_d \quad (1)$$

Donde: $P_t = Ei$ (potencia total suministrada por el generador)
$P_u = Ui$ (potencia útil suministrada al circuito externo)
$P_d = ri^2$ (potencia disipada por el generador)

Sustituyendo esos valores en la ecuación (1), se tiene:

$$P_t = P_u + P_d \Rightarrow Ei = Ui + ri^2$$
$$E = U + ri$$

Ecuación característica del generador: $U = E - ri$

Cuando no hay movimiento de las cargas por el generador, esto es, $i = 0$, se tiene $U = E$.

4 Rendimiento de un generador

El *rendimiento eléctrico* de un generador está dado por la relación entre la potencia útil suministrada al circuito externo y su potencia total generada.

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

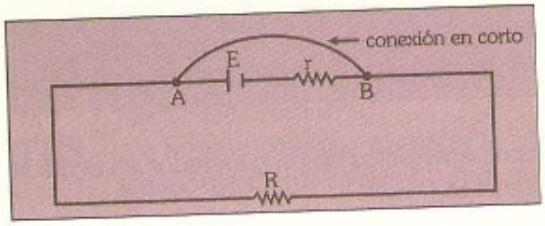
Como $P_u = Ui$ y $P_t = Ei$, se tiene:

$$\eta = \frac{Ui}{Ei} \Rightarrow \quad \eta = \frac{U}{E}$$

Subido por Leazeel

5 Corriente de cortocircuito

Si se conectan los dos terminales de un generador por un hilo de resistencia *nula*, se dice que el generador está en corto, pues toda la energía que produce se disipa por él mismo.



En ese caso, la tensión entre sus terminales es nula, $U = 0$, y la corriente correspondiente es la más intensa posible y se llama *corriente de cortocircuito* i_{cc}.

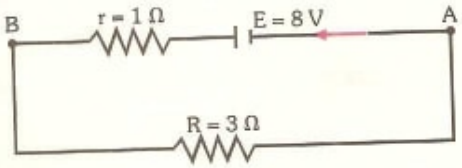
Su valor está dado por:

$$U = E - ri \Rightarrow 0 = E - ri_{cc}$$

$$i_{cc} = \frac{E}{r}$$

Problema de Aplicación

En el circuito de la figura, un generador de fuerza electromotriz 8V, con 1Ω de resistencia interna, se conecta a un resistor de 3Ω.



Determine:

a) la ddp entre los terminales A y B del generador;

b) el rendimiento del generador.

Solución:

a) Cálculo de la resistencia equivalente:

$R_s = r + R \Rightarrow R_s = 1 + 3 = 4\Omega$

Cálculo de la corriente:

$E = R_s \cdot i \Rightarrow 8 = 4 \cdot i \Rightarrow i = 2A$

Cálculo de la ddp entre A y B:

$U = E - r \cdot i \Rightarrow U = 8 - 1 \cdot 2 \Rightarrow U = 6V$

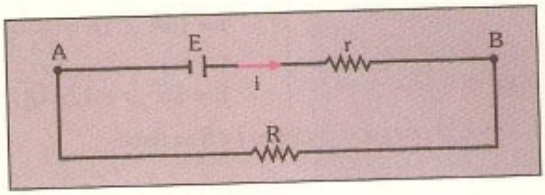
b) $\eta = \frac{U}{E} \Rightarrow \eta = \frac{6}{8} = 0{,}75$ ó 75%

Respuesta: a) 6V b) 75%

Subido por Leazeel

6 Ley de Ohm-Pouillet

Considerando el circuito simple constituido por un generador y un resistor, con las características que se indican en la figura.



La tensión U entre los terminales A y B del generador vale:

$$U = E - r \cdot i$$

Pero esa tensión es la suministrada al circuito externo; por lo tanto, es la tensión a la que está sometido el resistor R. Entonces:

$$U = R \cdot i$$

Comparando las dos expresiones de U, se tiene:

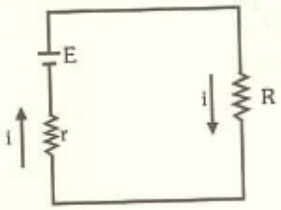
$$E - ri = Ri \Rightarrow E = Ri + ri$$
$$E = (R + r)\, i$$

$$i = \frac{E}{R + r}$$

Problemas de Aplicación

1 Un generador de fuerza electromotriz igual a 20V y 1Ω de resistencia interna es conectado directamente a un resistor de 4Ω. Determine la intensidad de la corriente del circuito.

Solución:

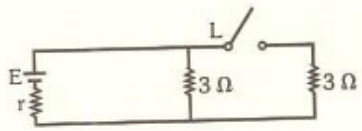


Como el montaje corresponde a un circuito simple, se aplica la expresión de la ley de Pouillet:

$$i = \frac{E}{R + r} = \frac{20}{4 + 1} = 4A$$

Respuesta: 4A

2 Un generador está conectado como indica la figura. Con la llave L abierta, la corriente que lo atraviesa es de 10A; con la llave cerrada, la corriente pasa a ser 16A. Determine la resistencia interna r y la fuerza electromotriz E del generador.



Subido por Leazeel

Solución:

Con la llave abierta:

$R = 3\Omega$ e $i = 10A$

$$i = \frac{E}{r+R} \Rightarrow 10 = \frac{E}{r+3}$$

$E = 10 \cdot (r + 3)$ Ⅰ

Con la llave cerrada:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3}$$

$R_{eq} = 1,5\Omega$

$i = 16A \therefore 16 = \frac{E}{r+1,5}$

$E = 16 \cdot (r + 1,5)$ Ⅱ

Resolviendo el sistema formado por las ecuaciones I y II se tiene:

$10 \cdot (r + 3) = 16 \cdot (r + 1,5) \Rightarrow r = 1\Omega$

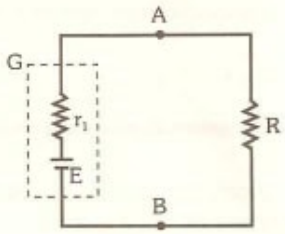
Sustituyendo en I, se tiene:

$E = 10 \cdot (r + 3) \Rightarrow E = 40V$

Respuesta: $E = 40V$ y $r = 1\Omega$

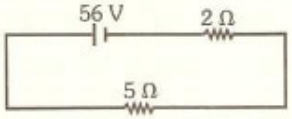
PROBLEMAS PROPUESTOS

858 En el circuito, el generador G tiene una fuerza electromotriz E = 12V y una resistencia interna de 1Ω se conecta a un resistor de resistencia R = 119Ω. Calcule:
a) la corriente en el circuito;
b) la ddp entre los puntos A y B.

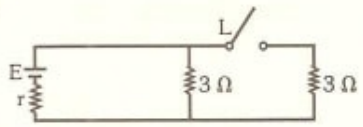


859 Una corriente eléctrica de 3A recorre un circuito compuesto de un generador de fuerza electromotriz igual a 12V y resistencia interna r, y un resistor de 3Ω. Se conecta un resistor de 6Ω en paralelo con el resistor de 3Ω. Calcule la energía disipada en el generador durante medio minuto.

860 En el circuito de la figura se tienen un generador de f.e.m. 56V y 2Ω de resistencia y un resistor de 5Ω. Determine:
a) la ddp en los terminales del generador;
b) la potencia utilizada por el circuito externo (potencia útil);
c) la potencia total suministrada por el generador;
d) la potencia disipada por el generador.

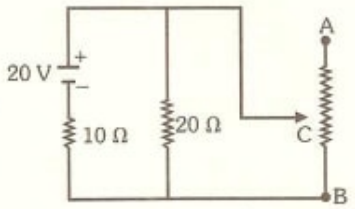


861 Un generador está conectado como se indica en la figura:



Con la llave L abierta, la corriente que lo atraviesa es de 10A; con la llave cerrada, la corriente que pasa es de 16A. Determine la resistencia interna r y la fuerza electromotriz E del generador.

862 En el circuito de la figura, el reóstato AB está munido de un cursor C y la resistencia entre A y B es igual a 40Ω. ¿Cuál es la intensidad de corriente en el generador cuando el cursor está en B? ¿En qué posición se deberá colocar el cursor para que la intensidad de corriente en el generador sea la mitad de la hallada en la situación anterior?



863 Un generador de fuerza electromotriz E = 1,5V y resistencia interna r = 0,5Ω se conecta a una asociación de tres resistores iguales, de resistencia R = 2,4Ω cada uno. Calcule la potencia suministrada por el generador a los resistores cuando la asociación de estos es:
a) en serie;
b) en paralelo.

Subido por Leazeel

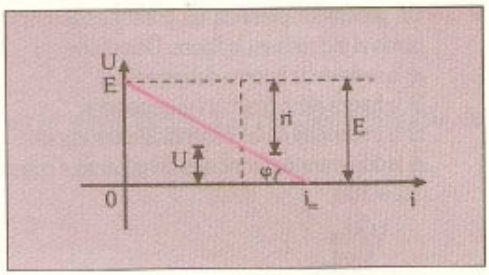
7 Curva característica de un generador

Como la función $U = E - ri$ es de 1º grado en relación a i, su gráfico representativo es una recta.

Cuando:

$i = 0 \Rightarrow U = E$

$i = i_{cc} \Rightarrow U = 0$

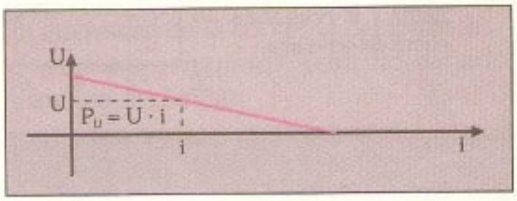


Observaciones:

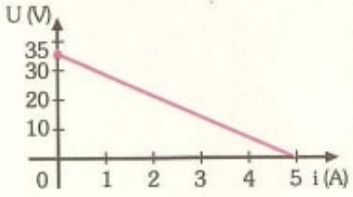
1ª) La pendiente de esa recta determina la resistencia del generador.

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{E}{i_{cc}} = \frac{E}{\frac{E}{r}} = r \quad \therefore \quad \boxed{\text{tg}\,\alpha = r}$$

2ª) El área indicada en el gráfico de la figura representa la potencia eléctrica suministrada en el circuito.



Problema de Aplicación



El siguiente gráfico representa la curva característica de un generador.

Determine:

a) su fuerza electromotriz;

b) su resistencia interna;

c) la ddp entre sus terminales para i = 3A;

d) la intensidad de la corriente de cortocircuito;

e) la potencia eléctrica suministrada al circuito, cuando i = 2A.

Solución:

a) Cuando $i = 0 \Rightarrow U = E = 35V$

b) $U = E - ri \Rightarrow 0 = 35 - r \cdot 5 \Rightarrow \begin{cases} 5r = 35 \\ r = 7\Omega \end{cases}$

c) $U = E - ri \Rightarrow U = 35 - 7 \cdot 3 \Rightarrow U = 14V$

d) $U = 0 \Rightarrow i = i_{cc} = 5A$

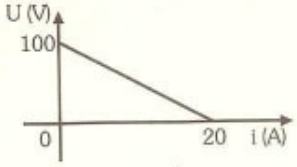
e) $P_u = Ui \Rightarrow P_u = (E - ri)\,i \Rightarrow \begin{cases} P_u = (35 - 7 \cdot 2) \cdot 2 \\ P_u = 21 \cdot 2 \\ P_u = 42W \end{cases}$

Respuesta: a) 35V b) 7Ω c) 14V d) 5A e) 42W

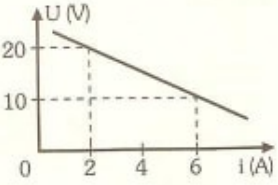
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

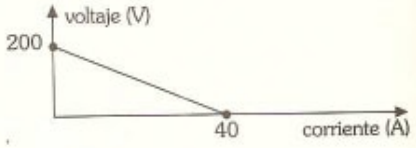
864 Un generador presenta un gráfico característico como el indicado en la figura. Determine:
a) la resistencia interna del generador;
b) la fuerza electromotriz del generador;
c) la intensidad de la corriente de cortocircuito;
d) la ddp entre los terminales del generador cuando i = 10A.



865 La curva característica de un generador está dada por el siguiente gráfico. Determine la fuerza electromotriz y la resistencia interna del generador.



866 La curva de corriente continua característica suministrada por el fabricante de un generador está representada en la siguiente figura.

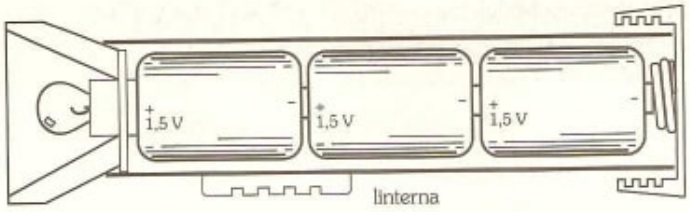


Una bombilla de R = 45Ω de resistencia está conectada a ese generador. Responda:
a) ¿Cuál es el valor de la corriente eléctrica en el circuito?
b) ¿Cuál es el rendimiento del generador en esa condición?
c) ¿Cuál es la potencia disipada por la bombilla?

8 Asociación de generadores

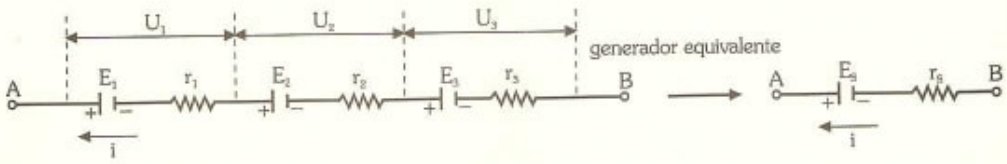
a) Asociación en serie

El objetivo de una asociación en serie es aumentar la potencia suministrada a través del aumento de la fuerza electromotriz del sistema.



Thales Trigo/FTD

En esa asociación, el polo positivo de un generador se une directamente al polo negativo del otro. Su representación en el circuito es:



Subido por Leazeel

Las características de esa asociación son las siguientes:

1ª) la corriente que atraviesa todos los generadores es la misma:

$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

2ª) la fuerza electromotriz de la asociación es la suma de las fuerzas electromotriz de los generadores en serie:

$$E_s = E_1 + E_2 + E_3$$

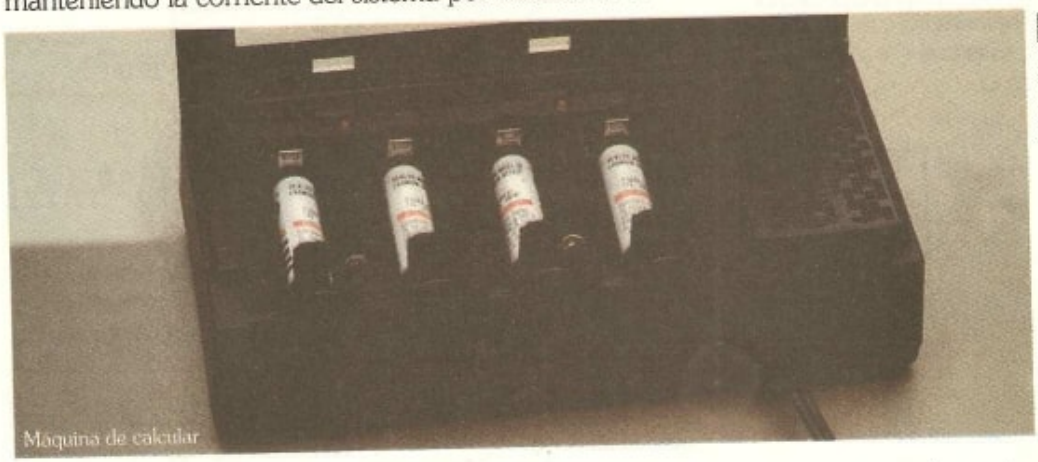
3ª) La resistencia interna de la asociación es la suma de las resistencias internas de los generadores en serie.

$$r_s = r_1 + r_2 + r_3$$

b) Asociación en paralelo

El objetivo de una asociación en paralelo es también aumentar la potencia suministrada, pero a través del aumento de la intensidad de la corriente del *sistema*.

Otra finalidad es disminuir la corriente en *cada generador*, para no dañarlo, manteniendo la corriente del sistema por encima de sus límites.



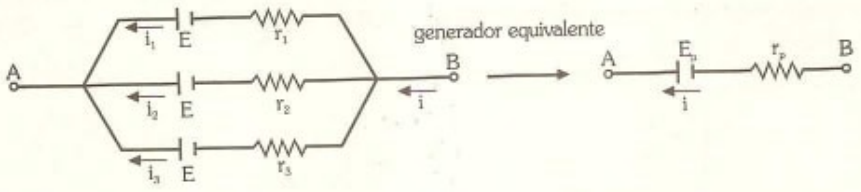
Máquina de calcular

Thales Trigo/FTD

En esa asociación, los polos positivos están conectados a un único punto y los polos negativos a otro.

La asociación en paralelo es práctica sólo cuando los generadores son iguales, pues la asociación de generadores diferentes puede resultar en desperdicio de energía.

Su representación en el circuito es:



Solo tiene sentido asociar generadores de la misma fuerza electromotriz.

Subido por Leazeel

Las características de esa asociación son las siguientes:

1) la corriente se subdivide entre los generadores;

2) la fuerza electromotriz de la asociación es igual a aquella de cada uno de los generadores asociados:

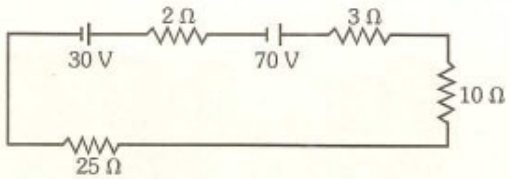
$$E_p = E$$

3) el inverso de la resistencia de la asociación es igual a la suma de los inversos de las resistencias de los generadores asociados:

$$\frac{1}{r_p} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r}$$

Problemas de Aplicación

1 Determine la intensidad de la corriente en el circuito de la figura.

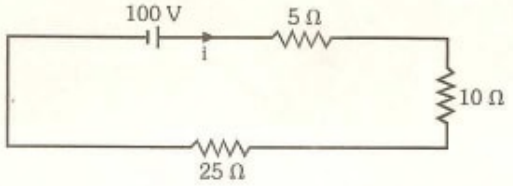


Solución:

Simplificando el circuito, se tiene:

$E_S = E_1 + E_2 \Rightarrow E_s = 30 + 70 = 100V$

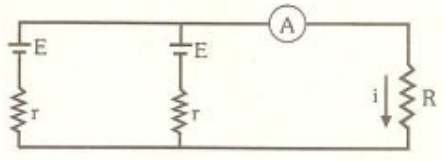
$r_s = r_1 + r_2 \Rightarrow r_s = 2 + 3 = 5\Omega$



$$i = \frac{E_s}{r_s + R_1 + R_2} \Rightarrow i = \frac{100}{5 + 10 + 25} \Rightarrow i = 2{,}5A$$

Respuesta: 2,5A

2 Dos generadores iguales, cada uno con fuerza electromotriz igual a 20V y 1Ω de resistencia interna, se asocian como se indica en la figura. La corriente que indica el amperímetro ideal es 4A. Determine la resistencia R.



$E = 20V$

$r = 1\Omega$

$i = 4A$

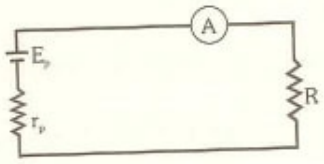
Subido por Leazeel

Solución:

• Cálculo del generador equivalente:

Como los generadores están asociados en paralelo, se tiene:

$$E_p = E = 20V \quad \frac{1}{r_p} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \Rightarrow r_p = 0{,}5\Omega$$



Por la ley de Pouillet:

$$i = \frac{E_p}{r_p + R}$$

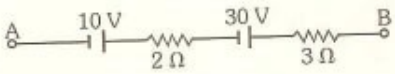
$$4 = \frac{20}{0{,}5 + R} \Rightarrow R = 4{,}5\Omega$$

Respuesta: 4,5Ω

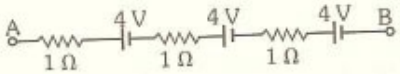
PROBLEMAS PROPUESTOS

867 Calcule la fuerza electromotriz y la resistencia interna del generador equivalente entre los puntos A y B de las asociaciones:

a)



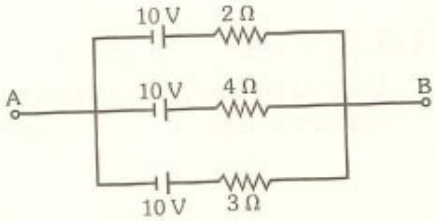
b)



868 Un sistema de cinco baterías iguales, en serie, alimenta a un resistor de 10Ω con una corriente de 5A, o un resistor de 28Ω con 2A. ¿Cuál es la fuerza electromotriz y la resistencia interna de cada batería?

869 ¿Cuántas pilas de 1,5V de fuerza electromotriz en cada una se deben asociar en serie para suministrar una corriente de 0,012A a un resistor de 4 000Ω?

870 Determine la fuerza electromotriz y la resistencia interna del generador equivalente de la asociación de la figura.



9 Receptores

Receptor eléctrico es un dispositivo que transforma energía eléctrica en otra modalidad de energía, no exclusivamente térmica.

El principal receptor es el motor eléctrico.

Como ejemplos de motores, se tienen:

Thales Trigo/FTD

ventilador

taladro eléctrico

Subido por Leazeel

Al recibir la energía eléctrica de un generador, el receptor transforma parte de ella en energía mecánica útil y la otra parte se disipa internamente por calentamiento.

Por lo tanto, el receptor disminuye la energía potencial de las cargas que por él pasan, suministrando energía mecánica.

Como el generador, el receptor posee una resistencia interna r que se opone al paso de la corriente eléctrica.

Por lo tanto, no toda la energía que el receptor consume es utilizada en la realización de trabajo, pues una parte también es consumida en su circuito interno, siendo disipada bajo la forma de calor.

Cuando se tiene en cuenta esa resistencia interna, la representación del receptor es esta:

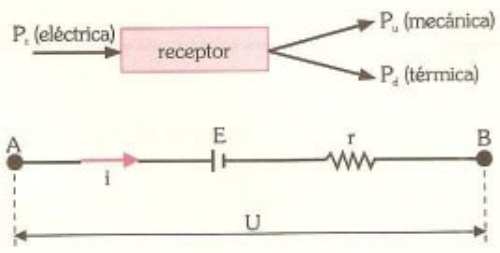
La diferencia entre la representación de un receptor y la de un generador, en un circuito, está en el sentido de la corriente.

Se define *fuerza contra-electromotriz* (f.c.e.m.) de un receptor como la relación entre la potencia útil suministrada por el receptor y la intensidad de la corriente que lo atraviesa.

$$E = \frac{P_u}{i} \Rightarrow \boxed{P_u = Ei}$$

10 Ecuación de un receptor

Durante la transformación energética en un receptor, ocurren pérdidas. Realizando un balanceo energético en la unidad de tiempo, se tiene:



$$P_t = P_u + P_d \Rightarrow Ui = Ei + ri^2$$

$$\boxed{U = E + ri}$$

Donde: $P_t = Ui$ (potencia total consumida por el receptor)
$P_u = Ei$ (potencia útil suministrada por el receptor)
$P_d = ri^2$ (potencia disipada por el receptor)

Subido por Leazeel

Se denomina *rendimiento eléctrico* de un receptor a la relación entre la potencia útil suministrada al medio externo y la potencia total consumida.

$$\eta = \frac{P_u}{P_t} \Rightarrow \eta = \frac{Ei}{Ui}$$

$$\eta = \frac{E}{U}$$

Cuando r = 0 (receptor ideal), el rendimiento es máximo, es decir, $\eta = 1$. En la práctica no es posible obtener un rendimiento del 100%.

Problemas de Aplicación

1 Un motor eléctrico recibe la potencia de 1 000W, bajo una tensión de 100V. Sabiendo que la potencia disipada internamente es 200W, determine:

a) la resistencia interna;

b) la fuerza contra-electromotriz del motor;

c) el rendimiento del motor.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} P_t = 1\,000W \\ U = 100V \\ P_d = 200W \end{cases}$$

a) $P_t = Ui \Rightarrow 1\,000 = 100i \Rightarrow i = 10A$

$P_d = ri^2 \Rightarrow 200 = r \cdot 10^2 \Rightarrow r = 2\Omega$

b) $P_t = P_u + P_d \Rightarrow 1\,000 = P_u + 200 \Rightarrow P_u = 800W$

$P_u = Ei \Rightarrow 800 = E \cdot 10 \Rightarrow E = 80V$

c) $\eta = \frac{P_u}{P_t} \Rightarrow \eta = \frac{800}{1\,000} \Rightarrow \eta = 0,8$ ó $\eta = 80\%$

Respuesta: a) 2Ω b) 80V c) 0,8 ó 80%

2 Se aplica una ddp de 200V a un motor eléctrico de 40Ω de resistencia interna. En esas condiciones, circula en el motor una corriente eléctrica de 100mA de intensidad. Calcule la fuerza contra-electromotriz de ese motor.

Solución:

Utilizando la ecuación característica del receptor, se tiene:

$U = E + ri \Rightarrow 200 = E + 40 \cdot 0,1 \Rightarrow E = 196V$

Respuesta: 196V

Subido por Leazeel

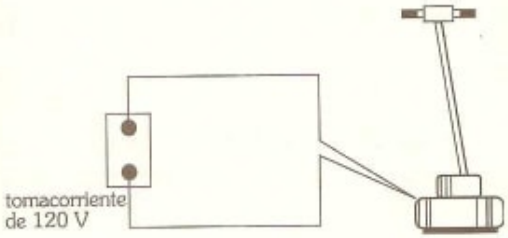
PROBLEMAS PROPUESTOS

871 Un motor recibe de un circuito una potencia de 800W, bajo una ddp de 100V, y disipa internamente una potencia de 320W.
a) Calcule la fuerza contra-electromotriz
b) Calcule su resistencia interna.

872 El motor de arranque de un automóvil debe desarrollar una potencia mecánica de 600W. Sabiendo que su fuerza contra-electromotriz es de 200V, determine la corriente que lo atraviesa.

873 Un receptor posee una fuerza contra-electromotriz igual a 80V y 1Ωde resistencia interna. Al ser atravesado por una corriente de 6A, determine:
a) la potencia consumida por el receptor;
b) la potencia disipada por el efecto Joule;
c) el rendimiento eléctrico del receptor.

874 La figura esquematiza el circuito de una enceradora en movimiento. La potencia eléctrica disipada por ella es de 20W y su fuerza contra-electromotriz, 110V. Calcule la resistencia interna de la enceradora.



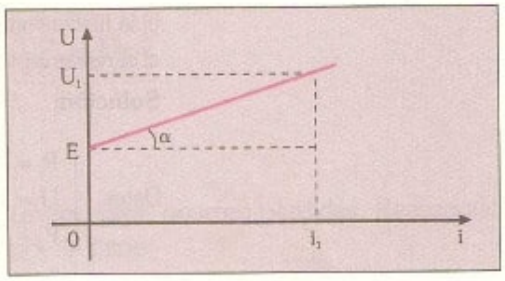
11 Curva característica del receptor

El gráfico de la función U = E + ri es de primer grado en relación a i. Luego, el gráfico representativo es una recta.

Cuando: $i = 0 \Rightarrow U = E$

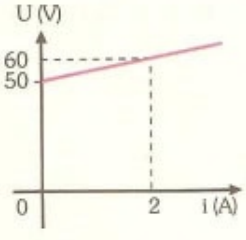
$i = i_1 \Rightarrow U = U_1$

La pendiente de la recta determina la resistencia interna del receptor.



$$tg\ \alpha = \frac{U_1 - E}{i_1} = \frac{r \cdot i_1}{i_1} = r \Rightarrow \boxed{r = tg\ \alpha}$$

Problema de Aplicación



El gráfico representa la curva característica de un receptor. Determine:
a) la fuerza contra-electromotriz;
b) la resistencia interna;
c) la ddp entre sus terminales para i = 3A.

Solución:

a) Cuando $i = 0 \Rightarrow U = E \therefore E = 50V$

b) $tg\ \alpha = r = \frac{60 - 50}{2 - 0} = \frac{10}{2} = 5 \therefore r = 5\Omega$

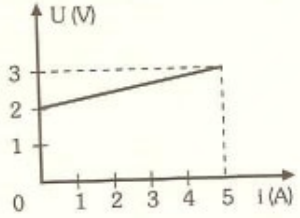
c) $U = E + ri \Rightarrow U = 50 + 5i \Rightarrow U = 50 + 5 \cdot 3 \Rightarrow U = 65V$

Respuesta: a) 50V b) 5Ω c) 65V

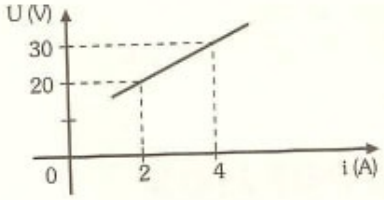
Subido por Leazeel

PROBLEMAS PROPUESTOS

875 El gráfico representa la curva característica de un receptor eléctrico. Calcule, en joules, la energía consumida por el receptor cuando es recorrido por una corriente de 4A, en 5s.



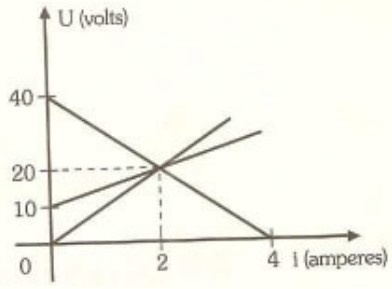
876 La curva característica de un motor eléctrico es representada por el gráfico lineal.



a) Determine la fuerza contra-electromotriz y la resistencia interna del motor.

b) Calcule la potencia disipada por el motor cuando i = 3A.

877 Los tres segmentos de rectas esquematizados representan las curvas características de un resistor, un generador y un receptor eléctrico. ¿Cuál es el rendimiento del generador y del receptor cuando la corriente es igual a 1A?

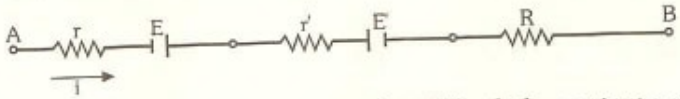


Capítulo **6**

Circuitos eléctricos

1 Ley de Ohm generalizada

Considerando el tramo del circuito AB, que contiene un generador (E, r), un receptor (E', r') y un resistor (R).



Recorriendo el circuito en el sentido de la corriente a partir del punto A, se puede determinar el potencial en el punto B. Considerando que todos los elementos recorridos por la corriente, a excepción de la fuerza electromotriz E del generador, provocan una caída de potencial (signo negativo en la expresión), se tiene:

$$V_A - (r \cdot i) + E - (r' \cdot i) - E' - (R \cdot i) = V_B$$

La ddp entre los puntos A y B es:

$$V_A - V_B + E - E' = (R + r + r') \cdot i$$

Para un tramo del circuito que contiene varios generadores, receptores y resistores, se pude aplicar:

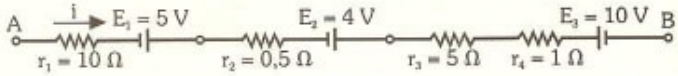
$$V_A - V_B + \Sigma E - \Sigma E' = (\Sigma R) \cdot i$$

Esta es la expresión de la ley de Ohm generalizada.

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Calcule la ddp entre los puntos A y B del tramo de la figura, sabiendo que la intensidad de corriente es 10A.



Solución:

La ddp entre los puntos A y B se puede calcular aplicando la ley de Ohm generalizada:

$V_A - V_B + \Sigma E - \Sigma E' = (\Sigma R) \cdot i$

Considerando el sentido de la corriente, se tiene:

f.e.m. E_1 y $E_2 \Rightarrow \Sigma E = 5 + 4 = 9V$

f.c.e.m. $E_3 \Rightarrow \Sigma E' = 10V$

Resistores: r_1, r_2, r_3 y $r_4 \Rightarrow \Sigma R = 10 + 0{,}5 + 5 + 1 = 16{,}5$

Sustituyendo en la expresión, se tiene:

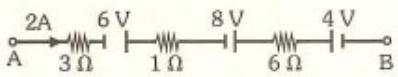
$V_A - V_B + 9 - 10 = 16{,}5 \cdot 10 \Rightarrow V_A - V_B = 166V$

Respuesta: 166V

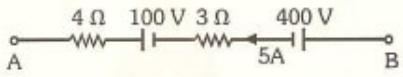
PROBLEMAS PROPUESTOS

878 Calcule la ddp entre los puntos A y B de las figuras.

a)

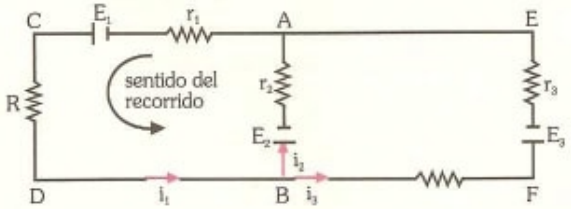


b)



2 Leyes de Kirchhoff

Considerando el circuito eléctrico de la figura:



Para realizar este estudio se necesitan las siguientes definiciones:

a) Nudo: es todo punto del circuito común a tres o más conductores. En el circuito los nudos son A y B.

b) Rama: es todo trecho del circuito comprendido entre dos nudos consecutivos. En el circuito las ramas son ACDB, AB y AEFB.

c) Malla: es todo conjunto que forma un circuito cerrado. En el circuito las mallas son ACDBA y ABFEA.

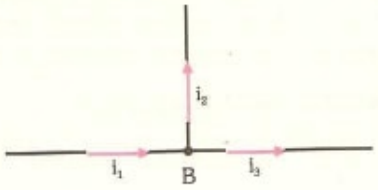
Subido por Leazeel

1ª ley: ley de los nudos

Considerando el principio de la conservación de la carga eléctrica, Kirchhoff enunció:

> La suma de las intensidades de corrientes que llegan a un nudo es igual a la suma de las intensidades de corrientes que salen del nudo.

Para el nudo B del circuito, se tiene:



$$i_1 = i_2 + i_3$$

2ª ley: ley de las mallas

Considerando que para un mismo punto de un circuito eléctrico la ddp es nula, Kirchhoff enunció:

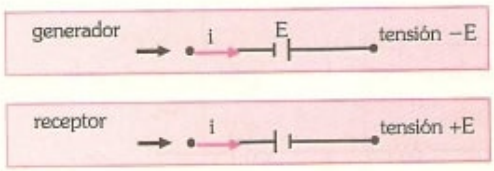
> Recorriéndose una malla en un mismo sentido, es nula la suma algebraica de las tensiones encontradas en cada elemento del circuito.

Para el signo de la tensión, *en cada elemento del circuito*, se deben considerar las siguientes reglas:

1ª) En el caso de los resistores, incluyéndose las resistencias internas de los generadores y receptores, cuando se recorre el tramo en el sentido de la corriente, la tensión se considera positiva (hay caída de potencial). En sentido contrario al de la corriente, la tensión se considera negativa (hay aumento de potencial).

igual sentido al de i $\Rightarrow U = R \cdot i > 0$
sentido contrario al de i $\Rightarrow U = R \cdot i < 0$

2ª) En el caso de los generadores o receptores, el polo de entrada dará el signo de la tensión U o E, conforme se exprese en el problema.



En la malla ACDBA en el sentido de la figura, se tiene:

$$r_1 i_1 - E_1 + R i_1 + E_2 + r_2 i_2 = 0$$

Subido por Leazeel

En la solución de los circuitos eléctricos, se utilizan las leyes de Kirchhoff y se deben observar las siguientes etapas:

1ª) Identificación de los nudos y mallas del circuito. Normalmente, los nudos son caracterizados por las letras A, B, C, etc., y las mallas por α, β, γ, etc.

2ª) Atribución a cada rama del circuito de un sentido para la corriente.

3ª) Siendo n el número de nudos, se aplica la 1ª Ley de Kirchhoff a (n − 1) nudos.

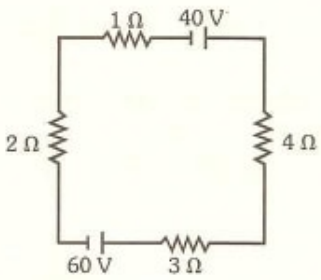
4ª) Aplicación de la 2ª ley de Kirchhoff a un número de mallas tal que, juntamente con el número de ecuaciones para los nudos, permita la obtención de un sistema con tantas ecuaciones cuantas sean las corrientes que se quiera determinar.

5ª) Consiste en el análisis de los resultados obtenidos para las corrientes.

En caso que la intensidad de corriente resulte negativa, significa que su sentido es el contrario al del que se asumió en la 2ª etapa.

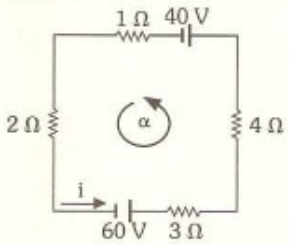
Problemas de Aplicación

1 Determine la intensidad de la corriente en el circuito de la figura.



Solución:

En primer lugar, se adopta un sentido de recorrido para la corriente i.



Se adopta un sentido de recorrido para la malla α. Luego, se aplica la 2ª ley de Kirchhoff:

$$-60 + 3i + 4i + 40 + 1i + 2i = 0$$

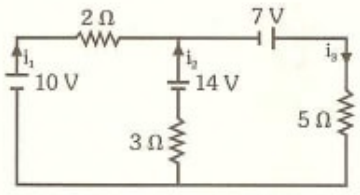
$$10i = 60$$

$$i = 6A$$

Si la corriente es negativa, su sentido es contrario al adoptado.

Respuesta: 6A

2 Calcule las intensidades de las corrientes i_1, i_2 e i_3 del circuito de la figura:

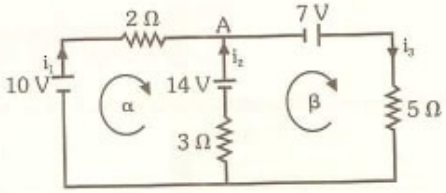


Subido por Leazeel

Solución:

Estableciendo un sentido de recorrido, se tiene la siguiente figura.

Utilizando las leyes de Kirchhoff, se tiene:



nudo A: $i_1 + i_2 = i_3$

malla α: $-10 + 2i_1 + 14 - 3i_2 = 0$

malla β: $3i_2 - 14 - 7 + 5i_3 = 0$

De ahí se obtiene:

$$\begin{cases} i_1 + i_2 = i_3 \\ 2i_1 - 3i_2 = -4 \\ 3i_2 + 5i_3 = 21 \end{cases}$$

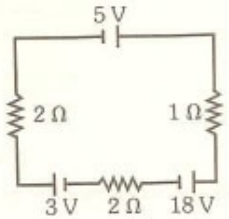
Resolviendo el sistema, se obtienen: $i_1 = 1A$, $i_2 = 2\,A$ e $i_3 = 3A$.

Respuesta: $i_1 = 1A$, $i_2 = 2A$ e $i_3 = 3A$

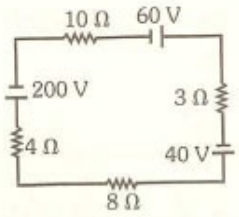
PROBLEMAS PROPUESTOS

879 Calcule la intensidad de la corriente del circuito indicado en las figuras.

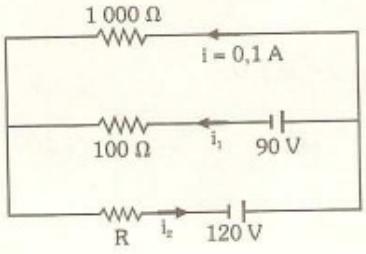
a)



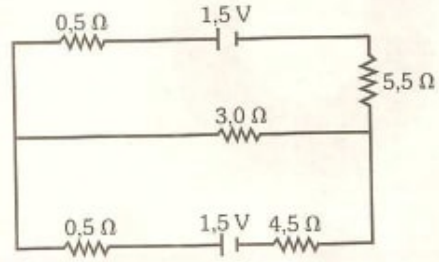
b)



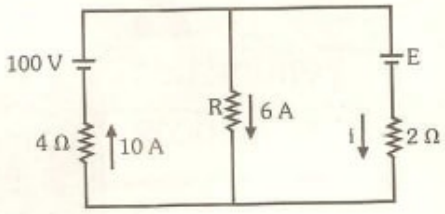
880 Dado el circuito de la figura, calcule los valores de i_1, i_2 y R.



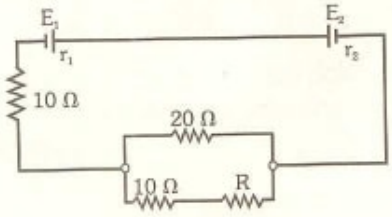
881 Determine las intensidades de las corrientes que recorren cada una de las ramas del circuito siguiente.



882 En el circuito indicado, determine i, R y E.



883 Dado el siguiente circuito, calcule el valor de R para que la corriente suministrada por la asociación de generadores en oposición sea 2A.



Datos $\begin{cases} E_1 = 55V & r_1 = 1{,}5\Omega \\ E_2 = 5V & r_2 = 1{,}2\Omega \end{cases}$

Subido por Leazeel

Unidad XVIII

Electromagnetismo

1 Introducción

Desde la Antigüedad es conocida la propiedad de un cierto mineral de atraer pequeños pedazos de hierro.

Ese mineral fue llamado *magnetita* y constituye el *imán natural*.

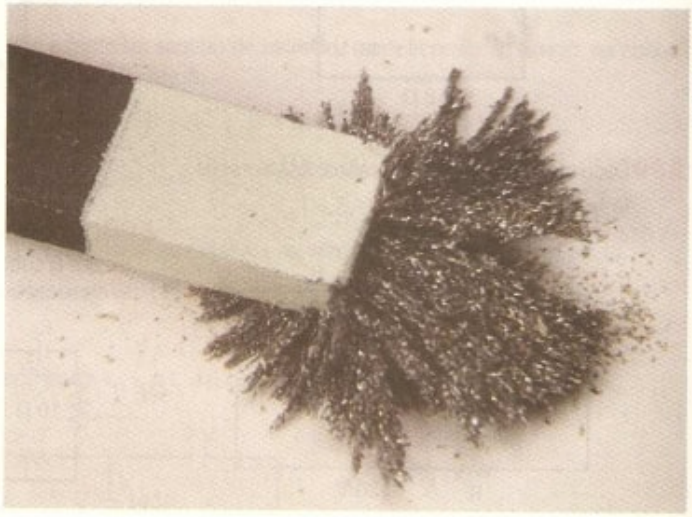
Una leyenda griega dice que un pastor, Magnes, descubrió la magnetita casualmente al notar que ella ejercía sobre la punta de su bengala y los clavos de su calzado una atracción tan fuerte que le impedía caminar.

Actualmente son más utilizados los imanes artificiales, obtenidos a partir de la imantación de ciertas sustancias.

Thales Trigo/FTD

2 Fenómenos magnéticos

1º) Colocando un imán en contacto con limaduras de hierro, se nota que ellas se adhieren al imán solamente en sus extremos.

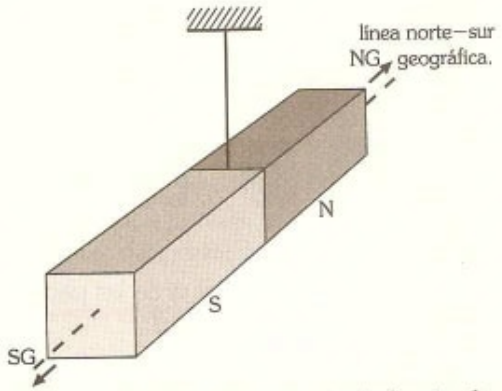


Thales Trigo/FTD

Esos extremos son denominados *polos*.

Subido por Leazeel

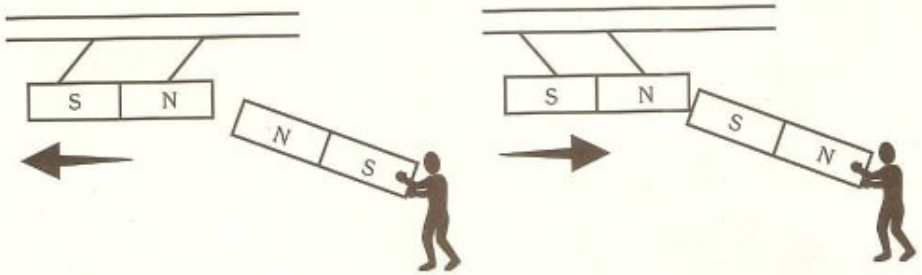
2º) Suspendiéndose un imán por el centro de gravedad, él se orienta aproximadamente en la dirección norte–sur geográfica del lugar.



NG = norte geográfico de la Tierra
SG = sur geográfico de la Tierra

A la parte del imán que se orienta hacia el polo norte geográfico se denomina polo norte (N); a la parte que se orienta hacia el sur geográfico se llama polo sur (S).

3º) Colocándose dos imanes, uno próximo al otro, surgen fuerzas de atracción o de repulsión conforme a las posiciones de esos imanes en el espacio.



Polos magnéticos de mismo nombre se repelen y los de nombres contrarios se atraen.

3 Sustancias magnéticas

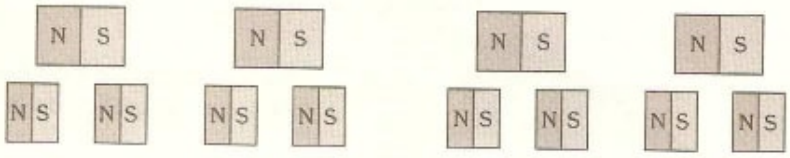
Experimentalmente se puede verificar también que un *único polo* no puede existir *aisladamente*.

Se imagina un imán en forma de barra con sus polos norte y sur.

Si se lo corta por el medio, surgirán nuevos polos norte y sur en cada uno de los pedazos, constituyendo cada uno de ellos un nuevo imán.

Subido por Leazeel

Si se continúa con esa experiencia de división de cada imán en otros dos, se obtendrán imanes cada vez menores, hasta que ellos alcancen dimensiones elementales.



Esa línea de pensamiento lleva a la conclusión de que cada una de las partículas del cuerpo anterior es un pequeño imán, denominado *imán elemental*.

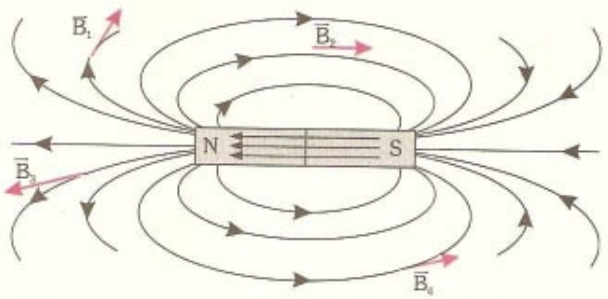
Se denomina *sustancias magnéticas* a aquellas que permiten la orientación de sus imanes elementales. Ejemplos: hierro, níquel y algunas uniones metálicas, como el acero.

Las sustancias no magnéticas son aquellas que no permiten la orientación de sus imanes elementales. Ejemplos: aluminio, madera, plástico, etc.

4 Campo magnético

A la región del espacio que rodea a un imán se denomina *campo magnético*.

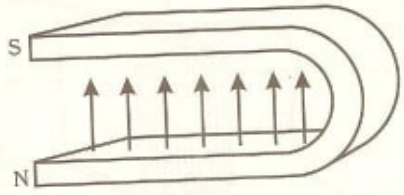
Su representación se hace a través de *líneas de campo* o *líneas de inducción*, que son líneas imaginarias cerradas que salen del polo norte y entran en el polo sur.



Subido por Leazeel

En el interior del imán, las líneas de campo van del polo sur al polo norte.

Cada punto de un campo magnético está caracterizado por un vector $\vec{B}$ denominado *vector inducción magnética* o *vector campo magnético*, siempre tangente a las líneas de campo y en el mismo sentido de ellas.



Cuando el campo magnético $\vec{B}$ es constante en todos los puntos, al campo magnético se denomina *uniforme*.

Las líneas de inducción magnética son rectas paralelas e igualmente espaciadas.

5 Inducción magnética

Un clavo de hierro es, normalmente, un cuerpo no imantado. Pero, cuando él se coloca en presencia de un imán, el vector campo magnético del campo creado por ese imán orienta los imanes elementales del clavo, imantándolo y haciendo que el clavo sea atraído.

De esa forma, el clavo se vuelve también un imán, siendo capaz, por lo tanto, de atraer otros clavos, a través de la repetición del mismo fenómeno.

Thales Trigo/FTD

> Se denomina *inducción magnética* al fenómeno de la imantación de un cuerpo por medio de un imán.

Observación:

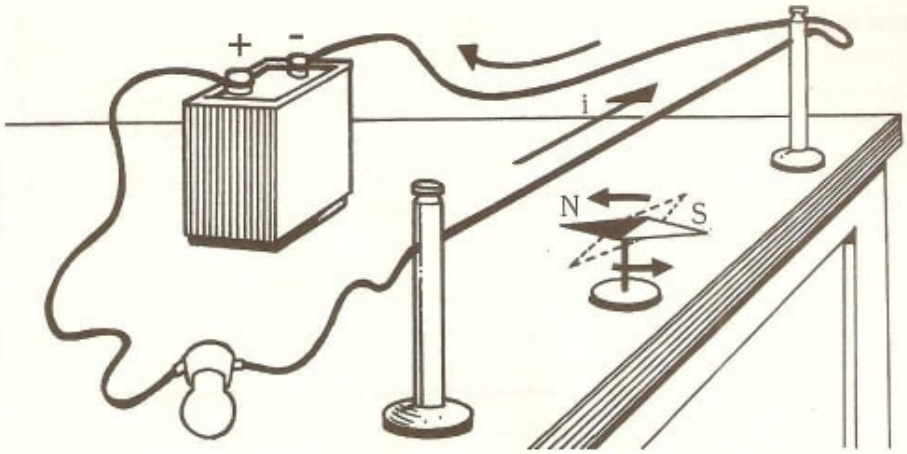
Las sustancias cuyos imanes elementales se orientan fácilmente cuando están sometidos a la acción de un campo magnético son denominadas sustancias *ferromagnéticas*.

6 Experiencia de Oersted

En 1820, el físico dinamarqués Hans C. Oersted verificó experimentalmente que el paso de una corriente eléctrica en un hilo crea a su alrededor un campo magnético.

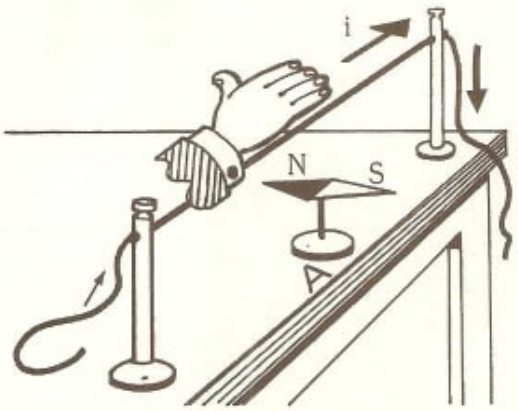
Ese hecho puede ser observado fácilmente colocándose una brújula próxima a un hilo conductor, por donde circula una corriente eléctrica continua. En esas condiciones, la aguja de la brújula cambia a una posición perpendicular al hilo conductor, dejando de orientarse en el sentido norte–sur.

Subido por Leazeel



La experiencia de Oersted marcó el inicio de estudios más profundos que permitieron la determinación de las características de ese campo magnético.

Colocándose la mano derecha sobre el hilo, de tal manera que la palma de la mano esté vuelta hacia la aguja y que el sentido de la corriente sea del puño hacia los dedos, el polo norte de la aguja se desvía en el sentido indicado por el dedo pulgar.



7 Campo magnético creado por un conductor rectilíneo

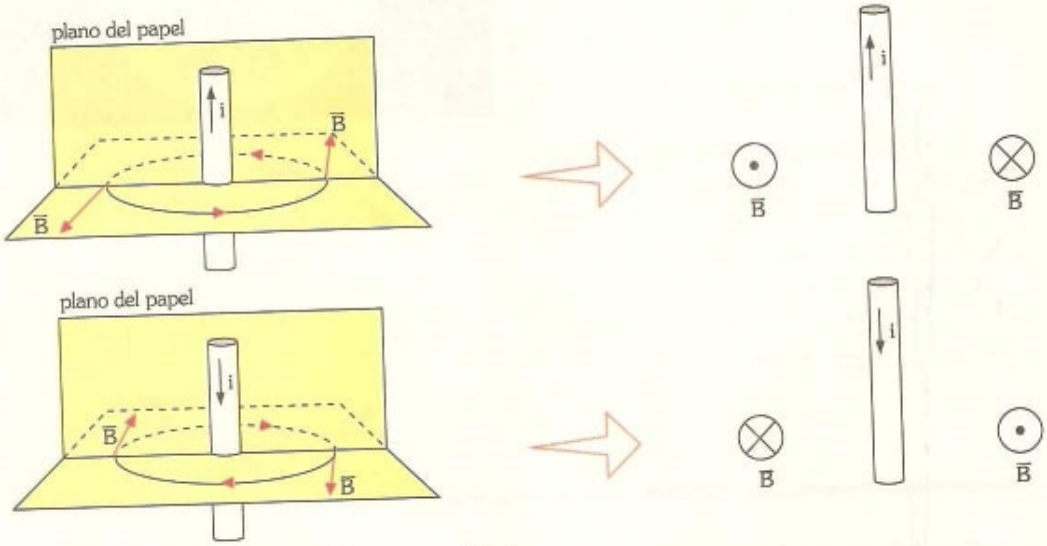
El sentido de las líneas del campo magnético creado por una corriente eléctrica fue estudiado por Ampere, que estableció una regla para determinarlo, conocida como *regla de la mano derecha*.

Al sujetar el conductor con la mano derecha, envolviéndolo con los dedos y manteniendo el pulgar apuntado el sentido de la corriente. El sentido de las líneas de campo está dado por al de los dedos que envuelven el conductor.

Subido por Leazeel

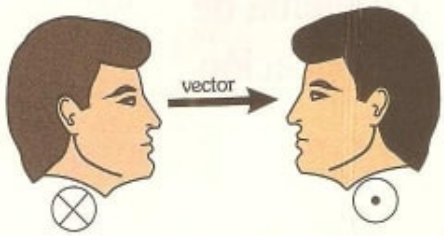
Las líneas de campo son circulares y concéntricas al hilo por donde pasa la corriente eléctrica y están contenidas en un plano perpendicular al hilo.

La dirección del vector campo magnético $\overline{B}$ es siempre tangente a las líneas de campo en cada punto considerado y siempre en el mismo sentido de ellas.

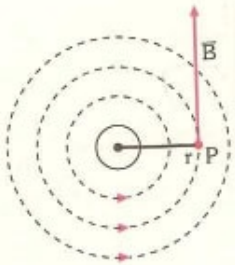


El símbolo ⊙ representa un vector (campo magnético, corriente, fuerza) perpendicular al plano de la hoja de papel y orientado hacia afuera, es decir, en posición de salida (se aproxima al observador).

El símbolo ⊗ representa un vector perpendicular al plano de la hoja de papel y orientado hacia adentro, es decir, en posición de entrada (alejándose del observador).



La *intensidad* del vector campo magnético en cualquier punto es proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica que pasa por el hilo e inversamente proporcional a la distancia de ese punto al hilo. Su expresión es:



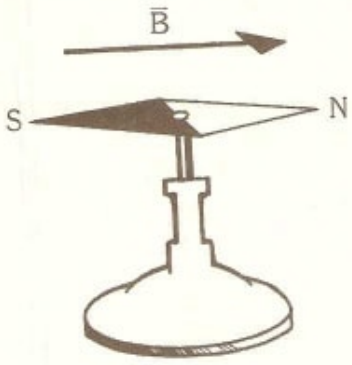
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

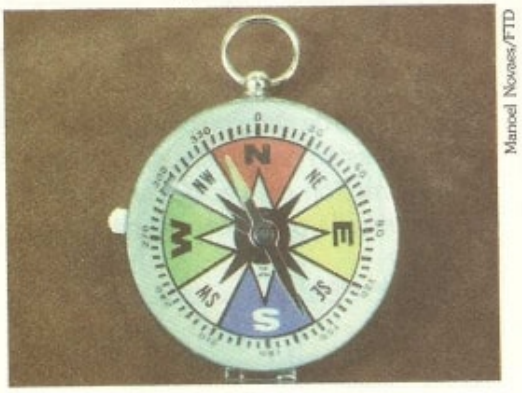
Subido por Leazeel

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ (permeabilidad magnética del vacío)

r = distancia del punto P al hilo.

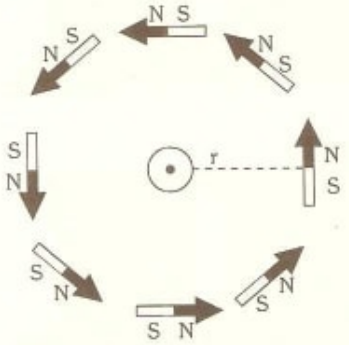
La unidad de $\vec{B}$ en el Sistema Internacional es el *tesla* (T).





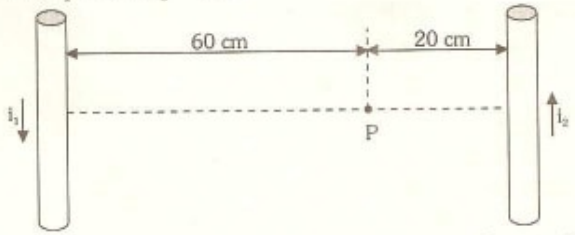
La brújula (aguja imantada) es un dispositivo que indica la existencia de un campo magnético. Ella indica la dirección y el sentido del vector inducción magnética $\vec{B}$.

La figura representa agujas imantadas colocadas alrededor de un hilo recorrido por una corriente eléctrica.



Problema de Aplicación

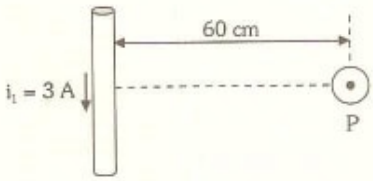
Los hilos de la figura están localizados en el vacío y son recorridos por corrientes $i_1 = 3A$ e $i_2 = 5A$.



Calcule la intensidad del vector campo magnético en el punto P.

Siendo: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

Solución:



• Cálculo de $\vec{B}_1$

En el punto P, el campo $\vec{B}_1$ es saliente. Luego:

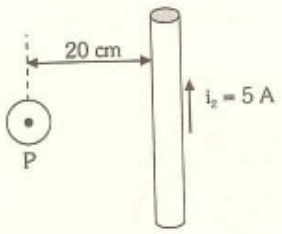
$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r_1} \Rightarrow B_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{3}{0,6}$$

$$B_1 = 1 \cdot 10^{-6} T$$

Subido por Leazeel

• Cálculo de $\vec{B}_2$

En el punto P, el campo $\vec{B}_2$ es saliente. Luego:



$$B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_2}{r_2} \Rightarrow B_2 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{5}{0,2}$$

$$B_2 = 5 \cdot 10^{-6}T$$

La intensidad del campo resultante en el punto P es igual a:

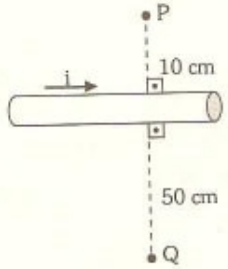
$$B = B_1 + B_2 \Rightarrow B = 1 \cdot 10^{-6} + 5 \cdot 10^{-6}$$

$$B = 6 \cdot 10^{-6}T$$

Respuesta: $6 \cdot 10^{-6}T$

PROBLEMAS PROPUESTOS

884 Un hilo rectilíneo y largo es recorrido por una corriente eléctrica continua i = 2A, en el sentido que se indica en la figura.



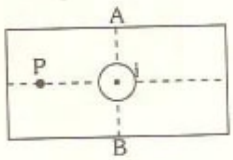
Determine los campos magnéticos $\vec{B}_P$ y $\vec{B}_Q$ generados por esa corriente en los puntos P y Q.

Siendo: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

885 A 40cm de un hilo largo y rectilíneo el campo magnético tiene una intensidad de $4 \cdot 10^{-6}$T. ¿Cuál es la corriente que recorre el hilo?

Adopte: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

886 La figura representa el piso de una sala y AB, la dirección norte–sur de la Tierra. Un hilo recto se coloca verticalmente en esa sala, conduciendo una corriente i, dirigida hacia arriba, de intensidad muy elevada. Una pequeña aguja magnética se coloca en el punto P que se indica en la figura.

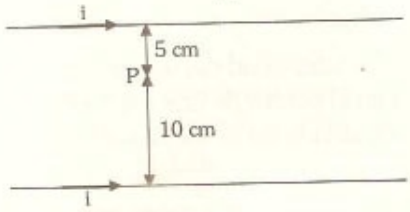


Determine la orientación final de la aguja magnética.

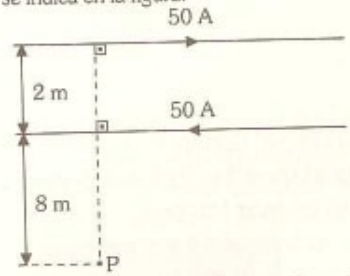
887 Se hace pasar una corriente eléctrica de intensidad constante por un hilo rectilíneo y largo. En esas condiciones, la intensidad del vector inducción magnética en un punto situado a 10cm del eje del conductor es B. Determine la intensidad del vector inducción magnética en un punto situado a 20cm del eje del mismo conductor.

888 Dos hilos rectos paralelos conducen corrientes con la misma intensidad i = 10A. Calcule la intensidad del campo magnético en el punto P, situado en el plano de las rectas, como se indica en la figura.

Siendo: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.



889 Dos hilos rectos paralelos y largos, conducen corrientes constantes de sentidos opuestos como se indica en la figura:

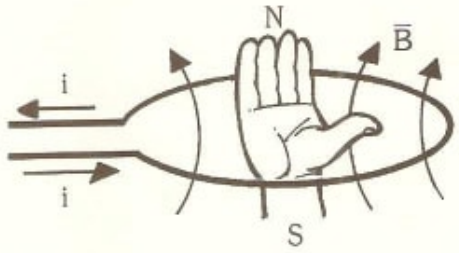


Sabiendo que el medio es el vacío, donde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$, calcule la intensidad del campo magnético que esas corrientes producen en el punto P.

Subido por Leazeel

8 Campo magnético creado por una espira circular

En el caso de una espira circular recorrida por una corriente, se puede utilizar la misma regla de la mano derecha para determinar el sentido de las líneas de campo.

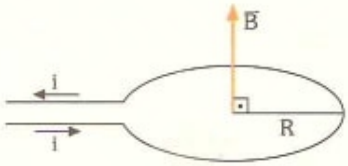


Se observa que las líneas de campo entran por un lado y salen por otro.

La *dirección* del vector campo magnético en los puntos del plano de la espira es perpendicular a ese plano.

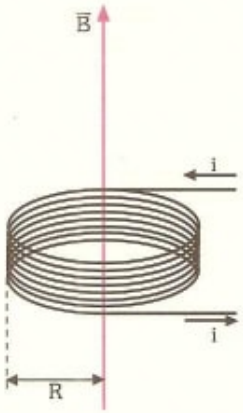
Para una espira en el plano del papel, se tiene:

La intensidad del vector inducción magnética en el centro de una espira circular de radio R, localizada en el vacío, está dada por:



$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R}$$

Cuando se tienen N espiras circulares e iguales yuxtapuestas (bobina plana), el campo será N veces más intenso.



$$B = N\frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R}$$

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Determine la intensidad del campo de inducción magnética en el centro de una espira circular de 20cm de radio, cuando ella es recorrida por una corriente de 12A de intensidad. Siendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} R = 20cm = 0{,}2m \\ i = 12A \\ \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \ \frac{T \cdot m}{A} \end{cases}$$

El campo en el centro de la espira está dado por:

$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2} \cdot \frac{12}{0{,}2}$$

$$B = 1{,}2 \cdot \pi \cdot 10^{-5} T$$

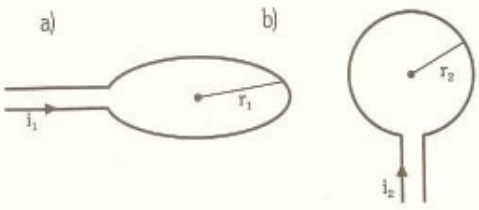
Respuesta: $1{,}2 \cdot \pi \cdot 10^{-5} T$

PROBLEMAS PROPUESTOS

890 Determine las características (intensidad, dirección y sentido) del campo de inducción magnética creado en el centro de cada espira.

Siendo: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

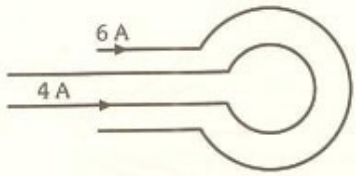
a) b)



Datos: $\begin{cases} i_1 = 4A \\ r_1 = 50cm \end{cases}$ Datos: $\begin{cases} i_2 = 3A \\ r_2 = 10cm \end{cases}$

891 Una bobina plana está formada de 100 espiras circulares de 0,2m de radio. Sabiendo que las espiras están recorridas por una corriente de 8A, determine la intensidad del vector campo magnético en su centro. Siendo: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

892 Dos espiras circulares, concéntricas y coplanares, de 4πm y 5πm de radios, son recorridas por corrientes de 4A y 6A, como se ilustra en la figura.



Determine la intensidad del vector campo magnético resultante en el centro de las espiras. Considere $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

893 Dos espiras circulares concéntricas, de 1m de radio cada una, están ubicadas en planos perpendiculares. Calcule el campo magnético en el centro de las espiras, sabiendo que cada espira conduce 0,5A.

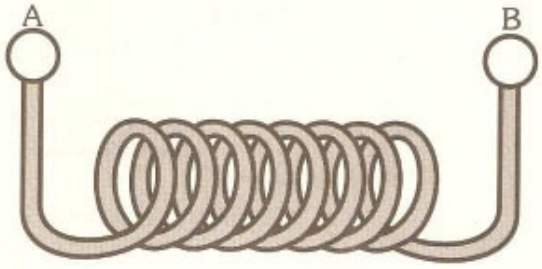
Siendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

894 Una espira conductora circular, de radio R, es recorrida por una corriente de intensidad i en sentido horario. Otra espira circular de radio R/2 es concéntrica con la precedente y situada en el mismo plano que ella. ¿Cuál debe ser el sentido y cuál el valor de la intensidad de una corriente que, recorriendo esa segunda espira, anula el campo magnético resultante en el centro? Justifique.

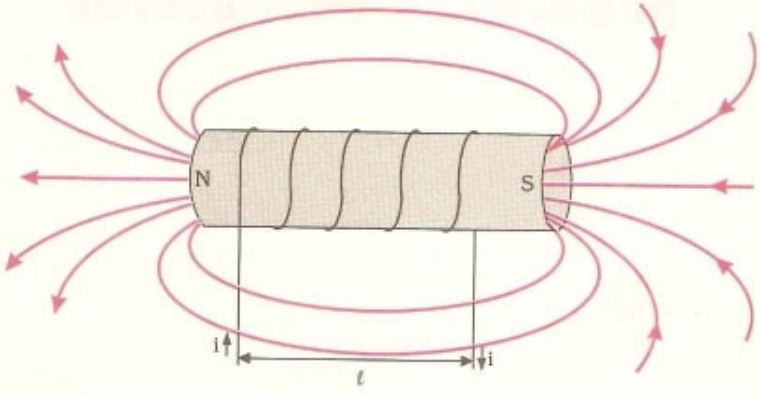
Subido por Leazeel

9 Campo magnético creado por un solenoide

El *solenoide* es un dispositivo constituido de un hilo conductor arrollado en forma de espiras no yuxtapuestas. Recibe también el nombre de *bobina larga*.



Ese aparato tiene gran aplicación en la industria, pues, cuando es recorrido por una corriente eléctrica, se comporta como un imán, en el cual el polo sur es el lado por donde entran las líneas de campo y el polo norte, el lado por donde salen. La regla para determinar el sentido del campo es la misma regla de la mano derecha.



La intensidad del vector inducción magnética en el interior de un solenoide está dada por la expresión siguiente.

$$B = \frac{\mu_0 N i}{\ell}$$

N es el número de espiras en la longitud ℓ del solenoide.

Esa expresión es válida para cualquier punto en el interior de un solenoide, pues, en esa región, el campo magnético es *uniforme*.

La *dirección* del campo magnético es perpendicular al plano de las espiras.

El solenoide es conocido también como *electroimán*.

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Considere un solenoide rectilíneo de 100cm de longitud que contiene 2 000 espiras y es recorrido por una corriente de 5A de intensidad. Siendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ la permeabilidad magnética en el vacío, determine la intensidad del vector inducción magnética en la región central del solenoide.

Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} \ell = 100\text{cm} = 1\text{m} \\ N = 2\,000 \text{ espiras} \\ i = 5\text{A} \\ \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \end{cases}$$

La intensidad del vector inducción magnética en el centro del solenoide está dada por:

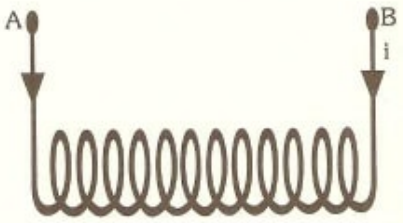
$$B = \frac{\mu_0 N i}{\ell} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2\,000 \cdot 5}{1}$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-3} T$$

Respuesta: $4\pi \cdot 10^{-3} T$

PROBLEMAS PROPUESTOS

895 El solenoide de la figura, que se halla en el vacío, está formado por 12 espiras y tiene 20cm de longitud.



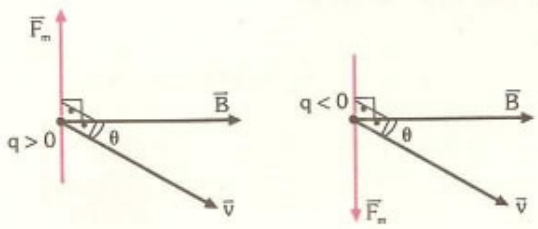
Calcule el módulo, la dirección y el sentido del vector inducción magnética en el interior de ese solenoide, sabiendo que i = 6A. Siendo: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

896 En el interior de un solenoide de 16cm de longitud, se registra un campo de inducción magnética de $5\pi \cdot 10^{-4} T$ de intensidad, cuando él es recorrido por una corriente de 8A. ¿Cuántas espiras tiene ese solenoide?

Adopte $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$.

10 Fuerza magnética sobre cargas eléctricas

Considerando una carga eléctrica q lanzada dentro de un campo magnético $\vec{B}$ con velocidad vectorial $\vec{v}$ y formando un ángulo θ con el vector $\vec{B}$.



Subido por Leazeel

Se verifica, entonces, que esa carga sufre la acción de una *fuerza magnética*, también llamada *fuerza de Lorentz*, cuyas características son:

- dirección: perpendicular al plano formado por los vectores $\vec{B}$ y $\vec{v}$.
- sentido: dado por la *regla de la mano izquierda*. Para eso se disponen los dedos pulgar, índice y medio conforme a la figura.

El índice representa el sentido de $\vec{B}$; el dedo medio, el sentido de $\vec{v}$ y el pulgar representa el sentido de $\vec{F}_m$.

Si la carga es positiva, el sentido de $\vec{F}_m$ es el indicado en la figura y, si la carga es negativa, el sentido de $\vec{F}_m$ es contrario al que se da con la mano izquierda.

- intensidad: dada por:

$$F_m = qvB \operatorname{sen} \theta$$

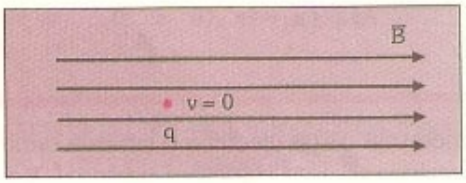
Se utilizarán las siguientes representaciones:

$\vec{F}_m \odot \Rightarrow$ fuerza magnética saliendo perpendicularmente del papel;

$\vec{F}_m \otimes \Rightarrow$ fuerza magnética penetrando perpendicularmente en el papel.

Casos particulares

a) Cargas en reposo (v = 0)



$\vec{B}$ es un campo uniforme.

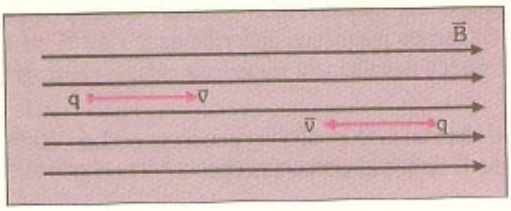
En este caso, se tiene:

$$F_m = qvB \operatorname{sen}\theta \Rightarrow$$

$$F_m = 0$$

Subido por Leazeel

b) Cargas lanzadas en la misma dirección de las líneas de campo



$\vec{B}$ es un campo uniforme.

En este caso, se tiene:
$\theta = 0° \Rightarrow \text{sen } \theta = 0$ (el mismo sentido del campo)
$\theta = 180° \Rightarrow \text{sen } \theta = 0$ (sentido contrario al del campo)

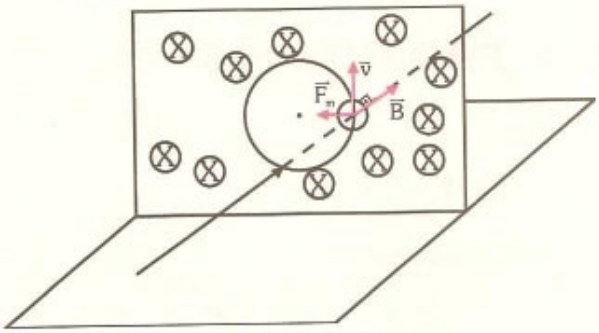
Luego:

$$F_m = qvB \text{ sen } \theta \Rightarrow \qquad \boxed{F_m = 0}$$

Para los dos casos, (a) y (b), se puede concluir:

> Cargas eléctricas en *reposo* o lanzadas en la misma dirección del campo magnético no sufren la acción de la fuerza magnética.

c) Cargas lanzadas perpendicularmente al campo



$\vec{B}$ es un campo uniforme.

En este caso, se tienen:

$\theta = 90° \Rightarrow = \text{sen}\theta = 1$ (velocidad perpendicular al campo)

Luego:

$$F_m = qvB \text{ sen}\theta \Rightarrow \qquad \boxed{F_m = qvB}$$

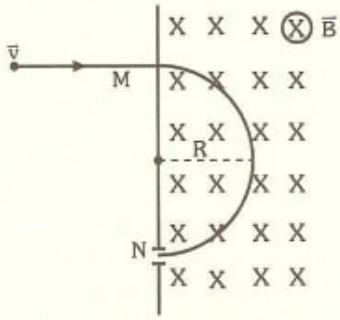
Si la fuerza magnética tiene una intensidad constante y es perpendicular al vector velocidad, la carga realiza un movimiento circular y uniforme. Por lo tanto, la fuerza magnética realiza el papel de la fuerza centrípeta que actúa sobre la carga.

Subido por Leazeel

Problema de Aplicación

Un electrón con una velocidad de $3 \cdot 10^6$m/s penetra perpendicularmente en un campo magnético uniforme de $8 \cdot 10^{-5}$T de inducción magnética, pasa a describir una trayectoria circular como se indica en la figura.

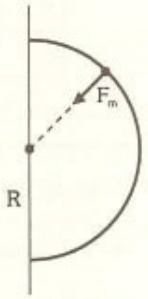
La masa del electrón es $9{,}1 \cdot 10^{-31}$kg y su carga es $1{,}6 \cdot 10^{-19}$C. Determine el radio R de la trayectoria descrita.



Solución:

$$\text{Datos} \begin{cases} v = 3 \cdot 10^6\,m/s \\ B = 8 \cdot 10^{-5}T \\ m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}kg \\ q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}C \end{cases}$$

La fuerza magnética es la fuerza centrípeta, pues $\overline{v}$ es perpendicular a $\overline{B}$. Luego:



$$F_m = F_{cp} \Rightarrow qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

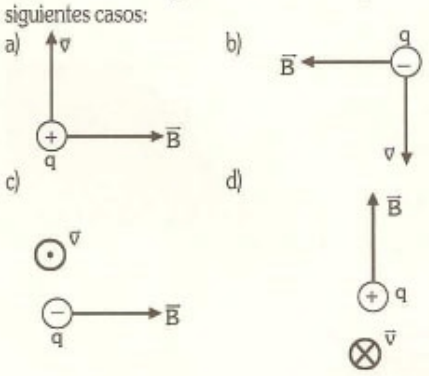
$$R = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^6}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 8 \cdot 10^{-5}}$$

$$R = 0{,}21m$$

Respuesta: = 0,21m

PROBLEMAS PROPUESTOS

897 Represente la fuerza magnética que actúa sobre la carga q, lanzada con una velocidad v en un campo de inducción magnética uniforme B, en los siguientes casos:



898 En una región del espacio existe un campo magnético de $4 \cdot 10^{-2}$T de intensidad. Una partícula, con una carga de 2μC y 100m/s de velocidad, se lanza, formando 30° con la dirección de campo. Determine la intensidad de la fuerza magnética que actuará sobre la partícula.

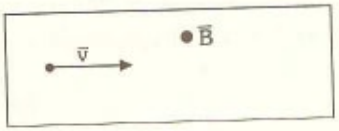
899 Una partícula de $4 \cdot 10^{-18}$C de carga y $2 \cdot 10^{-26}$kg de masa penetra, ortogonalmente, en una región de un campo magnético uniforme de $1 \cdot 10^{-3}$T de intensidad, con una velocidad de $1 \cdot 10^5$m/s. Determine el radio de la órbita descrita por la partícula.

900 Una partícula de 2μC penetra en un campo magnético de 3T con una velocidad de 72 000km/h, perpendicularmente al vector inducción magnética. Determine la intensidad de la fuerza magnética que actuará sobre la partícula.

901 Una cámara de niebla es representada en la figura siguiente, con campo magnético perpendicular al plano del papel y orientado hacia afuera. Una partícula con carga positiva es, entonces, introducida en la cámara de niebla, con velocidad v, perpendicularmente a $\overline{B}$.

Subido por Leazeel

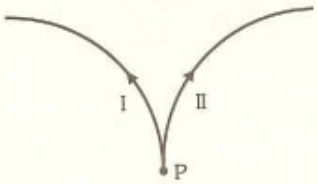
Siendo: $B = 1T$; $v = 3 \cdot 10^3 m/s$; $q = 3{,}2 \cdot 10^{-19}C$.



a) Represente en la figura el vector fuerza magnética que actúa sobre la partícula.
b) Calcule la intensidad de esa fuerza.

902 Una partícula, de masa $m = 9 \cdot 10^{-31}kg$ y carga $q = -1{,}6 \cdot 10^{-19}C$ se desplaza en una órbita circular de radio $R = 20cm$, perpendicularmente a un campo de inducción magnética de intensidad $B = 4{,}5 \cdot 10^{-5}T$. Calcule la velocidad de la partícula.

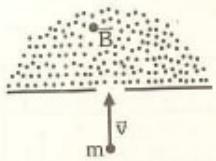
903 La figura representa las trayectorias, en el interior de un campo magnético uniforme, de un par de partículas positrón-electrón, creado en el punto P durante un fenómeno en el cual la carga eléctrica total se conserva.



Considerando que el campo magnético es perpendicular al plano de la figura y apunta hacia el lector, responda:
a) ¿Cuál de las partículas, I o II, es el positrón y cuál es el electrón?
b) Explique cómo se obtiene la respuesta.

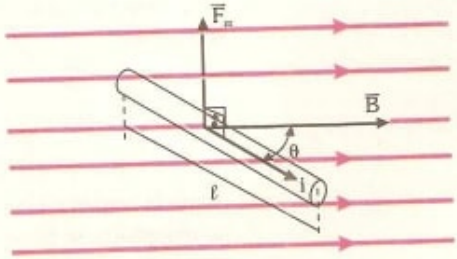
904 Un campo magnético uniforme, $B = 5{,}0 \cdot 10^{-4}T$, está aplicado en el sentido positivo del eje y. Un electrón se lanza a través del campo en el sentido positivo del eje z, con una velocidad de $2 \cdot 10^5 m/s$. Carga del electrón $= -1{,}6 \cdot 10^{-19}C$.
a) ¿Cuál es el módulo, la dirección y el sentido de la fuerza magnética aplicada sobre el electrón en el instante inicial?
b) ¿Qué trayectoria es descrita por el electrón?
c) ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza magnética?

905 Una partícula de masa $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}kg$ y carga $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}C$ penetra, con una velocidad de $4{,}4 \cdot 10^6 m/s$, en una región donde existe un campo de inducción magnética $B = 1 \cdot 10^{-3}T$ uniforme, perpendicular a la trayectoria de la partícula y sentido hacia afuera del papel (vea figura).
a) Calcule la fuerza que B ejerce sobre la partícula.
b) ¿Cuál es la dirección de esa fuerza en relación a la trayectoria de la partícula?
c) ¿Qué tipo de trayectoria describe la partícula? Justifique.



11 Fuerza magnética sobre un conductor rectilíneo

Considere un conductor rectilíneo, de longitud ℓ, que se halla en un campo magnético uniforme $\vec{B}$.

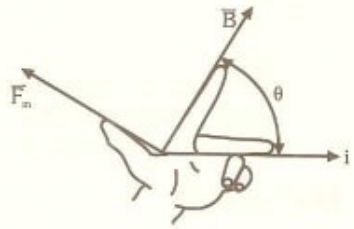


Subido por Leazeel

Sean i la corriente que circula por el conductor y θ el ángulo entre $\vec{B}$ e i.

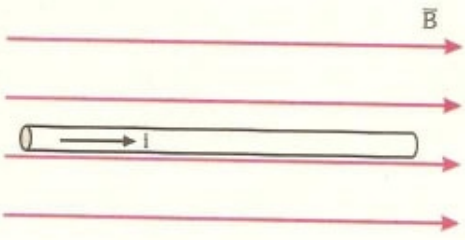
La fuerza magnética que actúa sobre el conductor es la resultante de un conjunto de fuerzas de Lorentz que actúan sobre cada carga eléctrica constituyente de la corriente eléctrica y tiene las siguientes características:

- intensidad: $F_m = Bi\ell \operatorname{sen} \theta$
- dirección: perpendicular a $\vec{B}$ y a i.
- sentido: dado por la regla de la mano izquierda.



Observaciones:

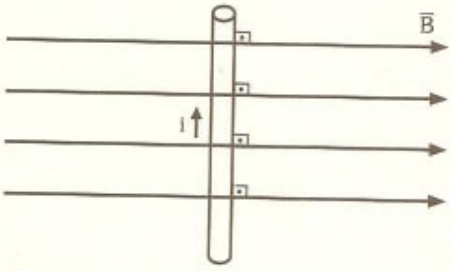
1ª) Si i es paralela a $\vec{B}$, se tiene $\theta = 0°$ o $\theta = 180°$. Luego, $\operatorname{sen} \theta = 0$.



$F_m = Bi\ell \operatorname{sen} \theta$

$F_m = 0$

2ª) Si i es perpendicular a $\vec{B}$, se tiene $\theta = 90°$. Luego, $\operatorname{sen} \theta = 1$.



$F_m = Bi\ell \operatorname{sen} \theta$

$F_m = Bi\ell$

Problema de Aplicación

Un conductor recto de 20cm de longitud, recorrido por una corriente de 3A de intensidad, está colocado perpendicularmente a un campo magnético uniforme de $4 \cdot 10^{-3}$T de intensidad. Determine la intensidad de la fuerza que el campo ejerce sobre el conductor.

Solución:

Datos $\begin{cases} \ell = 20\text{cm} = 0{,}2\text{m} \\ i = 3\text{A} \\ B = 4 \cdot 10^{-3}\text{T} \end{cases}$

Como la corriente i que recorre el conductor es perpendicular al campo magnético, se tiene:

$F_m = Bi\ell \Rightarrow F_m = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 0{,}2 \Rightarrow F_m = 2{,}4 \cdot 10^{-3}\text{N}$

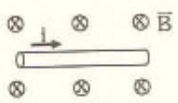
Respuesta: $2{,}4 \cdot 10^{-3}$N

Subido por Leazeel

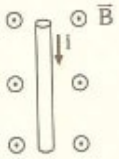
PROBLEMAS PROPUESTOS

906 Los conductores de las figuras están recorridos por una corriente eléctrica i y están inmersos en un campo magnético uniforme $\vec{B}$.

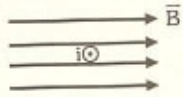
a)



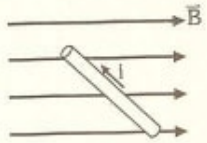
b)



c)



d)



Represente, en cada caso, la fuerza magnética que actúa sobre cada conductor.

907 Un conductor rectilíneo de 50cm de longitud, recorrido por una corriente de 2,5A de intensidad, se coloca en el interior de un campo magnético uniforme de $4 \cdot 10^{-2}$T de intensidad. Calcule la intensidad de la fuerza magnética que actúa sobre el conductor en los siguientes casos:

a) el conductor es colocado paralelamente al vector inducción magnética;

b) el conductor es colocado perpendicularmente al vector inducción magnética.

908 Un conductor rectilíneo de 80cm de longitud es dispuesto perpendicularmente a las líneas de inducción de un campo magnético uniforme de $4 \cdot 10^{-3}$T de intensidad. Calcule la intensidad de corriente que pasa por el conductor, sabiendo que la fuerza magnética que actúa tiene un módulo de $1,6 \cdot 10^{-2}$N.

909 Un conductor rectilíneo de 0,4m de longitud es recorrido por una corriente de 5A de intensidad. El conductor está inmerso en un campo magnético de $2 \cdot 10^{-3}$T, formando con la dirección del campo un ángulo de 60°. Determine la intensidad de la fuerza magnética que actúa sobre el conductor. Considere sen 60° = 0,8.

910 Un hilo conductor de 1m de longitud y horizontal conduce una corriente de 10A. El hilo está colocado perpendicularmente a un campo magnético de intensidad B = 0,5T tal que la fuerza que el campo ejerce en el hilo es vertical y dirigida hacia arriba.

a) ¿Cuál debe ser la masa del hilo para que él flote en el vacío?

b) Si la masa del hilo se reduce a la mitad, manteniendo todos los otros datos y condiciones, ¿cuál sería la aceleración de ese hilo? Considere $g = 10 m/s^2$.

911 Hace 200 años, Benjamín Franklin probó que las nubes del cielo están cargadas y dijo que en el futuro sería posible extraer energía de ellas con la ayuda de un hilo. En agosto de 1992, el satélite italiano TSS debería ser estirado por el satélite americano Atlantis a través de un hilo conductor que los unía con aproximadamente 20km de longitud y 2,5mm² de área. El objetivo de la experiencia era extraer energía de una capa de la atmósfera, situada cerca de 300km de altitud, la ionósfera, donde hay un campo magnético intenso. El satélite cautivo, el TSS, debería ser arrastrado a través del campo. La energía transportada por el hilo debería ser almacenada en el TSS. Se esperaba obtener 5 000 volts de tensión. Lastimosamente la experiencia no fue exitosa. Así:

a) suponiendo que el hilo tenga resistividad eléctrica igual a $10^{-5} \Omega \cdot cm$, determine la resistencia de un hilo con las características descritas. ¿Cuál es la corriente eléctrica que se pretendía obtener, considerando los datos suministrados?

b) suponga, en la región considerada, el campo magnético uniforme y de 10^{-4}T de intensidad. Si el hilo descrito estuviese estirado en línea recta, perpendicularmente al campo, ¿cuál es el valor da la fuerza magnética que debería actuar sobre él?

Subido por Leazeel

Tests

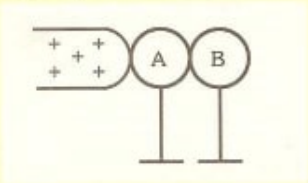
249 La figura representa un electroscopio de láminas metálicas cargado positivamente.

Tocando con el dedo la esfera A, se observa que sus láminas:
a) se cierran, pues el electroscopio recibe electrones.
b) se cierran, pues el electroscopio cede electrones.
c) se abren más, pues el electroscopio recibe electrones.
d) se abren más, pues el electroscopio cede electrones.
e) permanecen inalteradas, pues intercambian electrones con el dedo.

250 Se dispone de una varilla de vidrio, un paño de lana y dos pequeñas esferas conductoras A y B apoyadas en soportes aislados, todos eléctricamente neutros. Se frota la varilla de vidrio con el paño de lana; seguidamente se coloca la varilla de vidrio en contacto con la esfera A y el paño con la esfera B. Después de esas operaciones:
a) el paño de lana y la varilla de vidrio están neutros.
b) el paño de lana atraerá a la esfera A.
c) las esferas A y B continuarán neutras.
d) la varilla de vidrio repelerá a la esfera B.
e) las esferas A y B se repelerán.

251 No es posible electrizar una varilla metálica sujetándola con la mano, porque:
a) la barra metálica es aislante y el cuerpo humano es un buen conductor.
b) la barra metálica es conductora y el cuerpo humano es aislante.
c) tanto la barra metálica como el cuerpo humano son buenos conductores.
d) la barra metálica es conductora y el cuerpo humano, semiconductor.
e) tanto la barra metálica como el cuerpo humano son aislantes.

252 Dos esferas conductoras, A y B, están munidas de astas soportes verticales aislantes. Las dos esferas están descargadas y en contacto. Se aproxima (sin tocar) a la esfera A un cuerpo cargado positivamente. Es correcto afirmar que:



a) sólo la esfera A se carga.
b) sólo la esfera B se carga.
c) la esfera A se cargará negativamente y la esfera B, positivamente.
d) las dos esferas se cargan con cargas positivas.
e) las dos esferas se cargan con cargas negativas.

253 Una esfera metálica M, negativamente electrizada, es puesta en contacto con otra esfera conductora N, no electrizada. Durante el contacto ocurre desplazamiento de:
a) protones y electrones de M a N.
b) protones de N a M.
c) protones de M a N.
d) electrones de N a M.
e) electrones de M a N.

254 Cuando una varilla eléctricamente cargada atrae una bolita conductora A, pero repele una bolita conductora B, se concluye que:
a) la bolita B no está cargada.
b) ambas bolitas están cargadas igualmente.
c) ambas bolitas pueden estar descargadas.
d) la bolita B debe estar cargada positivamente.
e) la bolita A puede no estar cargada.

Subido por Leazeel

255 Una observación común en nuestra vida diaria es la atracción de pequeños pedazos de papel por un peine de plástico que se pasó por el pelo. Considere las siguientes proposiciones:

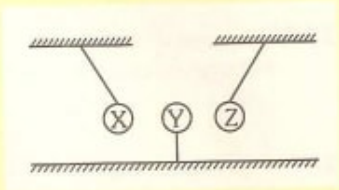
I. El pelo está cargado eléctricamente.
II. El peine, al ser frotado contra el pelo, es cargado eléctricamente.
III. Los pedazos de papel son cuerpos cargados eléctricamente.
IV. Los pedazos de papel son atraídos por inducción.
La mejor explicación para el fenómeno se debe a la combinación de las proposiciones:

a) I, II y III b) I y IV c) I y III d) II y IV e) sólo II

256 Los cuerpos electrizados por frotamiento, contacto e inducción están cargados, respectivamente, con cargas de signos:

a) iguales, iguales e iguales.
b) iguales, iguales y contrarios.
c) contrarios, contrarios e iguales.
d) contrarios, iguales e iguales.
e) contrarios, iguales y contrarios.

257 En la figura, X, Y y Z son esferas metálicas. Y está fija en un soporte aislante, y X y Z están suspendidas por hilos que también son aislantes. Las esferas están en equilibrio electrostático. En esas condiciones, es necesario que:



a) todas las esferas estén positivamente cargadas.
b) todas las esferas tengan cargas eléctricas totales diferentes de cero.
c) por lo menos dos de las esferas tengan cargas eléctricas totales diferentes de cero.
d) por lo menos una de las esferas tenga carga eléctrica total diferente de cero.
e) por lo menos dos esferas tengan cargas eléctricas de signos contrarios.

258 Se tiene una esfera electrizada negativamente con carga Q. Siendo q el valor de la carga de un electrón, el cociente Q/q es necesariamente:

a) par. b) impar. c) no entero. d) entero. e) infinito.

259 Se dispone de tres esferas metálicas iguales y aisladas una de otra. Dos de ellas, A y B, están eléctricamente neutras y la tercera, C, posee carga eléctrica Q. Se coloca C en contactos sucesivos con A y B. La carga final de C es:

a) Q b) $\frac{Q}{2}$ c) $\frac{Q}{3}$ d) $\frac{Q}{4}$ e) nula

260 En el ejercicio anterior, si se juntan simultáneamente las tres esferas y después se las separa, la carga final de C será:

a) Q b) $\frac{Q}{2}$ c) $\frac{Q}{3}$ d) $\frac{Q}{4}$ e) $\frac{Q}{9}$

261 Se tienen 3 esferas conductoras idénticas, A, B y C. La esferas A (positiva) y B (negativa) están electrizadas con cargas del mismo módulo Q, y la esfera C está inicialmente neutra. Se realizan las siguientes operaciones:

1) Se tocan C y B, con A mantenida a distancia, y en seguida se separa C de B.
2) Se tocan C y A, con B mantenida a distancia, y en seguida se separa C de A.
3) Se tocan A y B, con C mantenida a distancia, y en seguida se separa A de B.
Se puede afirmar que la carga final de la esfera A vale:

a) cero b) $\frac{+Q}{2}$ c) $\frac{-Q}{4}$ d) $\frac{+Q}{6}$ e) $\frac{-Q}{8}$

Subido por Leazeel

262 Un pedazo de cobre eléctricamente aislado posee $2 \cdot 10^{22}$ electrones libres, siendo la carga de cada uno igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$C. Para que el metal adquiera una carga de $3,2 \cdot 10^{-9}$C, será necesario remover, de esos electrones libres, uno en cada:

a) 10^4 b) 10^8 c) 10^{12} d) 10^{16} e) 10^{20}

263 En 1990 transcurrió el cincuentenario del descubrimiento del "viento solar" en los rayos cósmicos, una contribución de la física brasilera que alcanzó repercusión internacional. En el estudio de los rayos cósmicos se observan partículas llamadas piones. Considere un pión con carga eléctrica e desintegrándose (es decir, dividiéndose) en dos otras partículas: un muón con carga eléctrica +e y un neutrino. De acuerdo con el principio de conservación de la carga, el neutrino deberá tener carga eléctrica:

a) +e b) –e c) +2 e d) –2 e e) nula

264 Dos esferas cargadas igualmente en el vacío se repelen mutuamente cuando están separadas a cierta distancia. Triplicándose la distancia entre las esferas, la fuerza de repulsión entre ellas se vuelve:

a) 3 veces menor. b) 6 veces menor. c) 9 veces menor. d) 12 veces menor. e) n.d.a.

265 Dos cargas eléctricas puntiformes están separadas a 12cm. Esta distancia es alterada hasta que la fuerza entre las cargas sea cuatro veces mayor. La nueva separación entre las cargas es:

a) 3cm b) 4cm c) 6cm d) 24cm e) 48cm

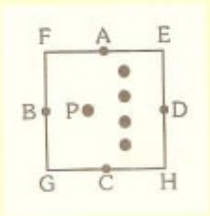
266 Una carga eléctrica repele un péndulo eléctrico a 5cm de distancia, mientras otra carga del mismo signo, para provocar la misma repulsión, debe estar a 10cm de distancia. La segunda carga es:

a) el doble de la primera.
b) el triple de la primera.
c) el cuádruplo de la primera.
d) el quíntuplo de la primera.
e) la mitad de la primera.

267 La figura ilustra una cuba, vista de arriba, conteniendo cuatro esferas conductoras, inicialmente neutras. Una quinta esfera conductora es electrizada y fijada en el punto P de la cuba. Se desprecia el rozamiento y la electrización de la cuba. Después de un cierto tiempo las cuatro esferas están en reposo.

La configuración final de las esferas será:

a) una en cada punto A, B, C y D.
b) dos en la esquina E y dos en la esquina H.
c) una en cada esquina de la cuba.
d) todas en el centro de la cuba.
e) una en cada punto A, E, H y C.



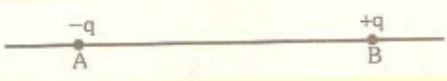
268 Dos pequeñas esferas metálicas idénticas, que distan 2cm, con cargas 6Q y –2Q, se ponen en contacto y en seguida se las aleja nuevamente a 2cm. La razón entre las intensidades de las fuerzas de interacción en las situaciones inicial y final es de:

a) 3 b) 4 c) 6 d) 8 e) 12

269 Dos esferitas metálicas idénticas, de dimensiones despreciables, con cargas –Q y + 9Q, se encuentran a una distancia d una de otra. Se las ponen en contacto y, en seguida, se las colocan a la distancia 2d. La razón entre los módulos de las fuerzas que actúan *después* del contacto y *antes* del contacto es:

a) $\frac{2}{3}$ b) $\frac{4}{9}$ c) 1 d) $\frac{9}{2}$ e) 4

270 Dos cargas eléctricas –q y +q están fijas en los puntos A y B, conforme a la figura. Una tercera carga positiva Q es abandonada en un punto de la recta AB.



Subido por Leazeel

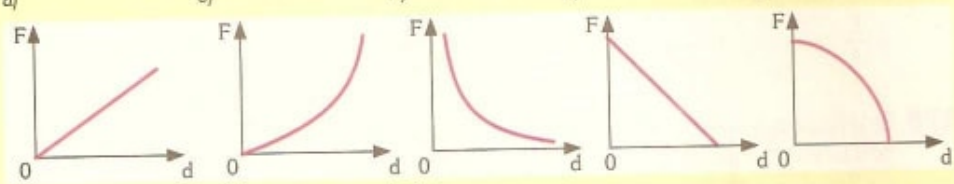
Se puede afirmar que la carga Q:
a) permanecerá en reposo si fuere colocada en el medio del segmento AB.
b) se moverá hacia la derecha si fuere colocada en el medio del segmento AB.
c) se moverá hacia la izquierda si fuere colocada a la derecha de B.
d) se moverá hacia la derecha si fuere colocada a la izquierda de A.
e) permanecerá en reposo en cualquier posición sobre la recta AB.

271 Dos esferas metálicas iguales, eléctricamente cargadas con cargas de módulos q y 2q, están a una distancia R una de otra y se atraen, electrostáticamente, con una fuerza de módulo F. Se las pone en contacto una con otra y, luego, se las coloca en las posiciones iniciales. El módulo de la nueva fuerza electrostática es:

a) $\frac{F}{8}$ b) $\frac{F}{4}$ c) $\frac{F}{2}$ d) F e) $\frac{9F}{8}$

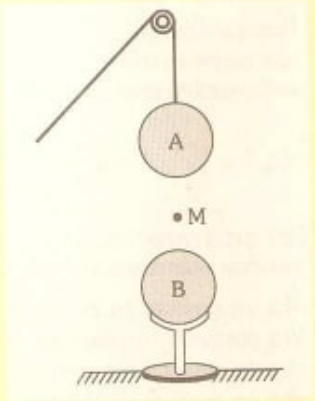
272 Dos pequeños cuerpos eléctricamente cargados son lentamente separados uno de otro. La intensidad de la fuerza de interacción (F) varía con la distancia (d) entre ellos, según el gráfico:

a) b) c) d) e)



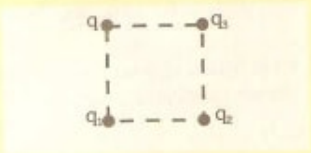
273 Una esfera conductora A, de peso P, electrizada positivamente, está sujeta por un hilo aislante que pasa por una roldana. La esfera A se aproxima, con velocidad constante, a una esfera B, idéntica a la anterior, pero neutra y aislada. La esfera A toca a la B y, en seguida, es estirada hacia arriba, con velocidad constante también. Cuando A pasa por el punto M, la tracción en el hilo es T_1, en el descenso, y T_2, en el ascenso. Se puede afirmar que:

a) $T_1 < T_2 < P$
b) $T_1 < P < T_2$
c) $T_2 < T_1 < P$
d) $T_2 < P < T_1$
e) $P < T_1 < T_2$



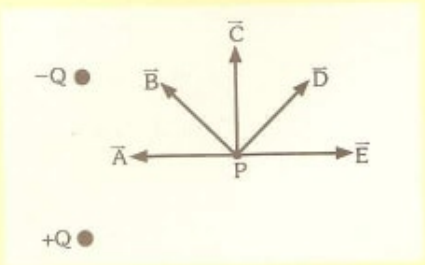
274 La figura representa cargas eléctricas fijas en los vértices de un cuadrado. Las fuerzas que la carga q ejerce sobre las cargas q_1, q_2 y q_3 son iguales en módulo. Se puede concluir que:

a) $q_1 = q_2 = q_3$
b) $q_3 = q_1 < q_2$
c) $q_3 < q_2 < q_1$
d) $q_1 = q_3 > q_2$
e) $q_3 > q_2 > q_1$



275 En la figura el punto P equidista de las cargas fijas +Q y −Q. ¿Cuál de los vectores indica la dirección y el sentido del campo eléctrico en P, debido a esas cargas?

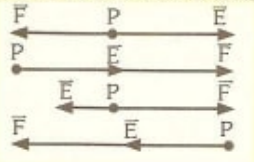
a) $\vec{A}$
b) $\vec{B}$
c) $\vec{C}$
d) $\vec{D}$
e) $\vec{E}$



Subido por Leazeel

276 La figura representa una carga Q y un punto P de su campo eléctrico donde se coloca una carga de prueba q.

Analice las afirmaciones, observando si ellas representan correctamente el sentido del vector campo eléctrico en P y la fuerza que actúa sobre q.



I) si $Q > 0$ y $q < 0$.
II) si $Q > 0$ y $q > 0$.
III) si $Q < 0$ y $q < 0$.
IV) si $Q < 0$ y $q > 0$.

Son correctas:

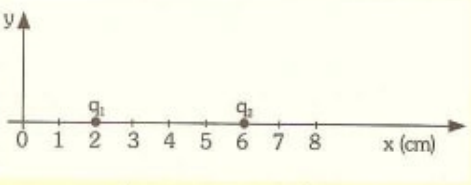
a) todas las afirmaciones.
b) sólo I, II y III.
c) sólo II, III y IV.
d) sólo III y IV.
e) sólo II y III.

277 El módulo del vector campo eléctrico producido por una carga eléctrica puntiforme en un punto P es igual a E. Duplicando la distancia entre la carga y el punto P, por medio del alejamiento de la carga, el módulo del vector campo eléctrico en ese punto cambia a:

a) $\frac{E}{4}$ b) $\frac{E}{2}$ c) 2E d) 4E e) 8E

278 En la figura, q_1 y q_2 representan dos cargas eléctricas puntiformes del mismo signo, fijas en los puntos x = 2cm y x = 6cm, respectivamente.

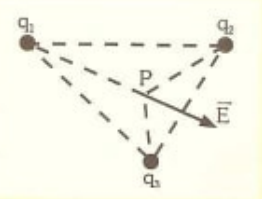
Para que el campo eléctrico resultante producido por esas cargas sea nulo en el punto x = 3cm, ¿cuál debe ser la relación entre las cargas?



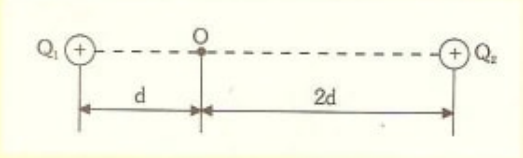
a) $q_1 = q_2$ b) $q_1 = 3q_2$ c) $q_1 = 4q_2$ d) $q_1 = \frac{q_2}{3}$ e) $q_1 = \frac{q_2}{9}$

279 Para que el campo eléctrico $\vec{E}$ resultante en P sea el que se indica en la figura, es necesario que las cargas eléctricas estén distribuidas de la siguiente manera:

a) q_1 y q_2 positivas y q_3 negativa.
b) q_1 positiva, q_2 y q_3 negativas.
c) q_1 y q_2 negativas y q_3 positiva.
d) q_1 y q_3 positivas y q_2 negativa.
e) q_2 y q_3 positivas y q_1 negativa.



280 En la figura, Q_1 y Q_2 representan dos cargas puntiformes del mismo signo. Sabiendo que el vector campo eléctrico resultante producido por esas cargas en O es nulo, se puede afirmar que:



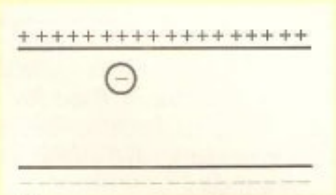
a) $Q_1 = Q_2$ b) $Q_1 = 2Q_2$ c) $Q_1 = \frac{1}{2}Q_2$ d) $Q_1 = 4Q_2$ e) $Q_1 = \frac{1}{4}Q_2$

Subido por Leazeel

281 La aceleración de una partícula de masa m y carga eléctrica q, cuando a partir del reposo recorre una distancia d, en una región donde existe un campo eléctrico uniforme de módulo E constante, es:

a) $\frac{q \cdot E \cdot d}{m}$ b) $\frac{m \cdot E \cdot d}{q}$ c) $E \cdot \sqrt{\frac{q}{m}}$ d) $\frac{q \cdot E}{m}$ e) $E \cdot d$

282 La figura representa una partícula de carga Q y masa m, que se halla en un campo eléctrico uniforme $\vec{E}$ que cae verticalmente con velocidad constante. Siendo g el valor de la aceleración de la gravedad local, se puede afirmar que el módulo de $\vec{E}$ está dado por la expresión:



a) mgQ b) $\frac{mQ}{g}$ c) $\frac{mg}{Q}$ d) $\frac{Q}{mg}$ e) $\frac{g}{mQ}$

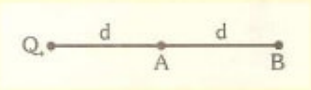
283 En un punto A, situado a una distancia x de una carga eléctrica puntiforme, la intensidad del campo eléctrico es 500V/m y el potencial eléctrico es $1{,}25 \cdot 10^3$V. La distancia del punto A a la carga que generó el campo es:

a) 1,5m b) 0,5m c) 3,0m d) 0,8m e) 2,5m

284 Una carga de $2 \cdot 10^{-7}$C se encuentra aislada, en el vacío, distante 6cm de un punto P. Siendo $k_0 = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$, ¿cuál es la proposición correcta?

a) El vector campo eléctrico en el punto P vuelve a la carga.
b) El campo eléctrico en el punto P es nulo porque no hay ninguna carga eléctrica en P.
c) El potencial eléctrico en el punto P es positivo y vale $3 \cdot 10^4$V.
d) El potencial eléctrico en el punto P es negativo y vale $-5 \cdot 10^4$V.

285 En la figura, se sabe que el potencial en el punto A, debido a la presencia de la carga Q, tiene un valor de $36 \cdot 10^3$V y que la intensidad del campo eléctrico en el punto B vale $9 \cdot 10^3$N/C. Siendo $k = 9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$, la carga Q vale:

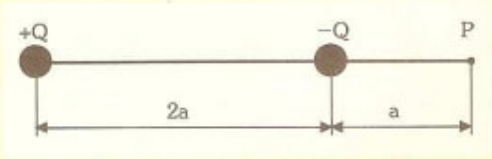


a) $1{,}0 \cdot 10^{-6}$C b) $4{,}0 \cdot 10^{-6}$C c) $2{,}0 \cdot 10^{-6}$C d) $0{,}5 \cdot 10^{-6}$C e) $3{,}0 \cdot 10^{-6}$C

286 Siendo V_1 el potencial eléctrico en un punto A situado a una distancia d de una carga eléctrica puntiforme Q que se halla en el vacío, duplicándose la distancia, el nuevo potencial V_2 se relacionará con V_1 de la siguiente manera:

a) $V_2 = V_1$ b) $V_2 = \frac{1}{2} V_1$ c) $V_2 = 2V_1$ d) $V_2 = 4V_1$ e) $V_2 = \frac{1}{4} V_1$

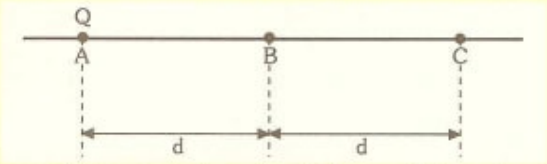
287 En la configuración de las cargas de la figura, ¿cuál es la expresión que representa el potencial en el punto P? (k_0 = constante electrostática del vacío)



a) $+k_0 \cdot \frac{Q}{3a}$ b) $-k_0 \cdot \frac{4Q}{3a}$ c) $+k_0 \cdot \frac{2Q}{3a}$ d) $-k_0 \cdot \frac{Q}{3a}$ e) $-k_0 \cdot \frac{2Q}{3a}$

Subido por Leazeel

288 En la figura se representa una partícula electrizada fija en un punto A.



En relación al campo eléctrico generado por la partícula que se halla en el punto A se sabe que:
I) el potencial eléctrico en B vale 40V;
II) el vector campo eléctrico en B tiene 40V/m de intensidad.
El potencial eléctrico en C y la intensidad del vector campo eléctrico en C son, respectivamente, iguales a:

a) 20V y 10V/m
b) 10V y 10V/m
c) 10V y 20V/m
d) 20V y 20V/m
e) 40V y 40V/m

289 Sabiendo que $U = V_A - V_B = -40V$ es la diferencia de potencial entre dos puntos, A y B, y que A está más próximo a la carga creadora de campo, se puede afirmar que:

a) la carga creadora es positiva.
b) el sentido del campo es de A hacia B.
c) el potencial de B es menor que el de A.
d) el potencial de B es nulo.
e) la carga creadora es negativa.

290 La diferencia de potencial entre dos puntos A y B es $V_A - V_B = 1 \cdot 10^6 V$. Se puede afirmar que el trabajo de la fuerza del campo eléctrico, para llevar una carga puntiforme $q = 2\mu C$ de A hacia B, es:

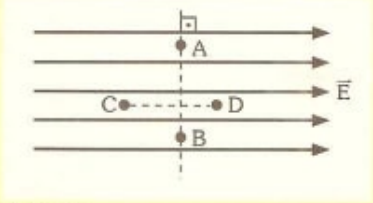
a) igual a −2J.
b) igual a 2J.
c) igual a 1J.
d) depende de la trayectoria de la carga q al desplazarse de A a B.

291 Cuando se aproximan dos partículas que se repelen, la energía potencial de las partículas:

a) aumenta.
b) disminuye.
c) es constante.
d) disminuye y luego aumenta.
e) aumenta y luego disminuye.

292 La figura representa un campo eléctrico $\vec{E}$ uniforme. El trabajo de la fuerza eléctrica cuando una carga positiva se desplaza de:

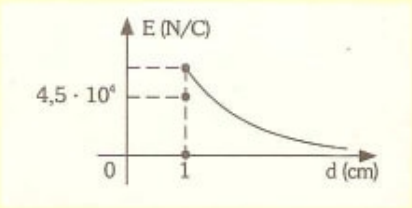
a) A hacia B es positivo.
b) D hacia C es positivo.
c) B hacia A es positivo.
d) A hacia B es nulo.
e) C hacia D es negativo.



El enunciado siguiente se refiere a los tests 293 y 294:
Los gráficos representan la variación de la intensidad del campo y del potencial (en una dimensión) debido a un conductor esférico uniformemente electrizado.

293 La cantidad de carga eléctrica distribuida en la superficie de la esfera vale:

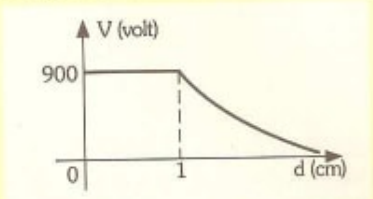
a) $10^{-7}C$
b) $-10^{-7}C$
c) $10^{-9}C$
d) $-10^{-9}C$
e) n.d.a.



Subido por Leazeel

294 El punto exterior a la esfera, cuyo campo tiene la misma intensidad del campo en la superficie, dista del centro aproximadamente:

a) 2,8cm
b) 1,4cm
c) 0,4cm
d) 2,1cm
e) n.d.a.



295 La figura muestra una esfera de radio R en el interior de un casquete esférico de radio 2 R, ambos metálicos y unidos por un hilo conductor. Cuando el sistema se carga con una carga eléctrica total Q ésta se distribuirá de modo que la carga de la esfera interna sea:

a) $\frac{4}{3}$ Q b) $\frac{Q}{2}$ c) $\frac{Q}{3}$ d) $\frac{Q}{5}$ e) cero

296 ¿Qué radio debe tener un conductor esférico en el aire para que su capacitancia eléctrica sea igual a 1F?

a) $9 \cdot 10^{-9}$m
b) $9 \cdot 10^{9}$m
c) $9 \cdot 10^{-8}$m
d) $9 \cdot 10^{8}$m
e) igual al radio de la Tierra ($R_T = 6,3 \cdot 10^{6}$m)

297 Una esfera conductora, que inicialmente se encuentra cargada positivamente, se coloca en contacto con otra esfera inicialmente neutra. Se puede afirmar que, después de haber establecido el equilibrio eléctrico entre ambas:

a) las esferas tendrán las mismas cargas, siempre que estén formadas del mismo material.
b) el campo esférico alrededor de las esferas será uniforme.
c) la esfera de mayor radio tendrá mayor potencial que la otra.
d) ambas adquieren el mismo potencial.
e) la intensidad del campo será mayor en la esfera de radio mayor.

298 Una esfera A, de 10cm de radio y descargada, y otra esfera B, de 1cm de radio, con una carga Q, son puestas en contacto por medio de un hilo conductor de capacidad despreciable. En esas condiciones, la fracción de la carga Q cedida a A por la esfera B tiene un valor de:

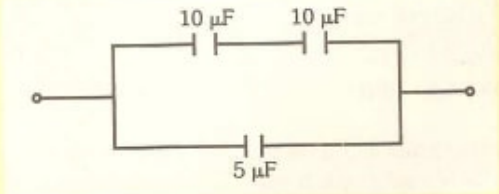
a) $\frac{1}{10}$ Q b) $\frac{1}{11}$ Q c) $\frac{9}{10}$Q d) $\frac{10}{11}$Q e) $\frac{9}{11}$Q

299 Un capacitor de 8μF es sometido a una diferencia de potencial de 30V. La carga que él acumuló es:

a) $1,2 \cdot 10^{-4}$C b) $2,4 \cdot 10^{-4}$C c) $2,7 \cdot 10^{-7}$C d) $3,7 \cdot 10^{6}$C e) $7,4 \cdot 10^{6}$C

300 La capacidad equivalente a la asociación de condensadores que se ilustra en la figura es, en microfaradios:

a) 2,5
b) 25
c) $\frac{5}{6}$
d) 5
e) 10

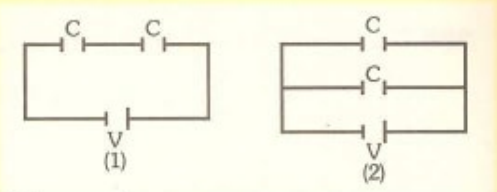


301 Dos capacitores de 3μF y 7μF de capacitancia se asocian en paralelo y la asociación es sometida a una ddp de 12V. La carga eléctrica adquirida por la asociación es:

a) 252C b) 120C c) 25,2C d) $1,2 \cdot 10^{-4}$C e) $2,52 \cdot 10^{-5}$C

Subido por Leazeel

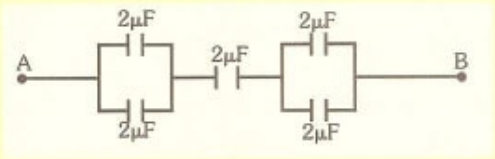
302 Comparando los circuitos, en el que todos los condensadores son idénticos, es correcto afirmar que:



a) la capacidad del circuito 2 es el doble de la capacidad del circuito 1.
b) la carga transferida por la batería en los dos circuitos es la misma.
c) la carga transferida por la batería en el circuito 2 es el cuádruplo de la carga transferida en el circuito 1.
d) la capacidad del circuito 1 es el cuádruplo de la capacidad del circuito 2.
e) la carga transferida por la batería en el circuito 1 es el doble de la carga transferida en el circuito 2.

303 La capacitancia entre los puntos A y B de la figura en microfaradios vale:

a) 1
b) 2
c) 6
d) 8
e) 10



UNIDAD XVII — Electrodinámica

304 Se sabe que en 2s la carga de 32C atraviesa la sección transversal de un hilo. Como cada portador de carga posee $1,6 \cdot 10^{-19}$C, la intensidad de corriente vale:

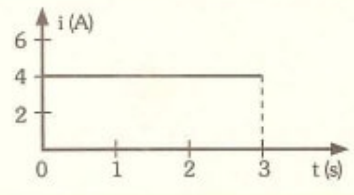
a) 16A b) 8A c) 1A d) $\frac{1}{8}$ A e) $\frac{1}{16}$ A

305 Una corriente eléctrica de 11,2μA de intensidad recorre un conductor metálico. La carga elemental es $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$C. El tipo y el número de partículas cargadas que atraviesan una sección transversal de ese conductor por segundo son:

a) protones; $7 \cdot 10^{13}$ partículas.
b) iones del metal; $14 \cdot 10^{16}$ partículas.
c) protones; $7 \cdot 10^{19}$ partículas.
d) electrones; $14 \cdot 10^{16}$ partículas.
e) electrones; $7 \cdot 10^{13}$ partículas.

306 El diagrama representa la intensidad de corriente (i) en un hilo conductor, en función del tiempo transcurrido (t). ¿Cuál es la cantidad de carga, en coulombs, que pasa por una sección del conductor en los dos primeros segundos?

a) 8
b) 6
c) 4
d) 2
e) $\frac{1}{2}$



307 ¿Cuál es la intensidad de corriente eléctrica que atraviesa el filamento de una bombilla incandescente de 120V y 60W? ¿Cuál es la resistencia del filamento?

a) 0,50A y $2,4 \cdot 10^2\Omega$
b) 1,00A y $4,8 \cdot 10^2\Omega$
c) 1,50A y $0,80 \cdot 10^2\Omega$
d) 1,00A y $1,2 \cdot 10^2\Omega$
e) n.d.a.

308 Una ducha eléctrica de 10Ω de resistencia fue construida para trabajar a una tensión de 110V. Para adaptar su uso a 220V manteniendo la misma potencia para el calentamiento de água, la resistencia R se debe sustituir por otra de:

a) 40,0Ω b) 20,0Ω c) 5,0Ω d) 4,0Ω e) 2,5Ω

Subido por Leazeel

309 Un electricista modifica la instalación de una casa y sustituye una ducha eléctrica conectada a 110V por otra, de la misma potencia, pero conectada a 220V. Se observa que la ducha eléctrica pasará, entonces, a:

a) consumir más energía eléctrica.
b) consumir menos energía eléctrica.
c) ser recorrida por una corriente eléctrica mayor.
d) ser recorrida por una corriente eléctrica menor.
e) disipar mayor cantidad de calor.

310 Si una bombilla eléctrica de 100W de potencia permanece conectada durante 5 horas por día, al final de 30 días el consumo de energía eléctrica correspondiente será de:

a) 15Wh b) 150Wh c) 15kWh d) 150kWh e) 1 500kWh

311 Dos duchas eléctricas disipan la misma potencia cuando funcionan bajo sus respectivas tensiones de 110V y 220V. Llamando R_1 y R_2 a los valores de sus resistencias, la razón entre R_1 y R_2 es:

a) 2 b) $\frac{1}{2}$ c) 4 d) $\frac{1}{4}$ e) $\frac{1}{3}$

312 Se toma una bombilla incandescente donde está escrito "130V–60W" y se la conecta por medio de hilos conductores a un tomacorriente. El filamento de la bombilla está incandescente, mientras los hilos de conexión permanecen fríos. Esto ocurre por que:

a) los hilos de conexión tienen mayor resistencia eléctrica que el filamento.
b) los hilos de conexión tienen menor resistencia eléctrica que el filamento.
c) los hilos de conexión están provistos de capas aislantes.
d) el filamento se enrolla en espiral.
e) la corriente que pasa en el filamento es mayor que los dos hilos de conexión.

313 Una ducha eléctrica, conectada a 120V, es recorrida por una corriente eléctrica de 10A durante 10min. ¿Cuántas horas emplearía un bombilla eléctrica de 40W, conectada en esa red, para consumir la misma energía eléctrica que fue consumida por la ducha eléctrica?

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

314 Pedro se mudó de la ciudad A a la ciudad B, llevando consigo un calentador eléctrico. ¿Qué deberá él realizar para mantener la misma potencia de su calentador eléctrico, sabiendo que la ddp en la red en A es de 220V, mientras que en B es de 110V? Debe sustituir la resistencia del calentador por otra:

a) cuatro veces menor. c) ocho veces mayor. e) dos veces menor.
b) cuatro veces mayor. d) ocho veces menor.

315 En caso de que una ducha eléctrica se conecta a la red de distribución de energía:

a) disminuyendo la resistencia del calentador, se reduce la potencia consumida.
b) aumentando la resistencia del calentador y conservando constante el caudal, la temperatura del agua aumenta.
c) para conservar la temperatura del agua, cuando aumenta el cuadal, debe disminuir la resistencia del calentador.
d) la potencia consumida es independiente de la resistencia del calentador.
e) n.d.a.

316 Una ducha eléctrica, con la llave totalmente abierta, suministra agua a 20°C; el agua fría está a 10°C. Se desea agua a la temperatura de 40°C. ¿Qué modificación se debe realizar en la ducha eléctrica?

a) Reducir la longitud de la resistencia a la mitad.
b) Aumentar la longitud de la resistencia al doble.
c) Reducir la longitud de la resistencia a dos tercios.
d) Reducir la longitud de la resistencia a un tercio.
e) Aumentar la longitud de la resistencia en un tercio.

Subido por Leazeel

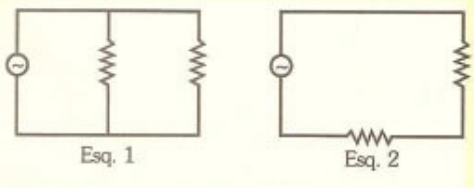
317 En una sala hay dos bombillas eléctricas encendidas, conectadas a un mismo interruptor. En un determinado instante una de las bombillas se apaga, mientras la otra permanece encendida. En relación a ese fenómeno, fueron formuladas las siguientes hipótesis:

I) Si sólo una de las bombillas se apagó, ellas están conectadas en paralelo.
II) Si el defecto fuese en el interruptor, las dos bombillas se apagarían.
III) Si las bombillas estuviesen conectadas en serie, la ruptura del filamento de una de ellas interrumpiría la corriente también en la otra.

La alternativa que presenta las hipótesis ciertas es:

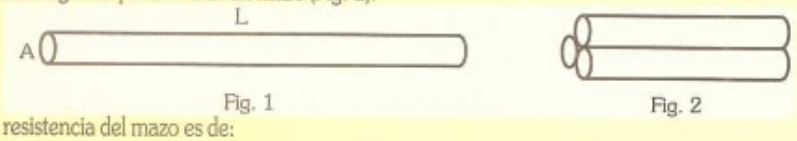
a) solamente I. b) solamente II. c) solamente II y III. d) solamente I y II. e) I, II y III.

318 Dos resistores idénticos son conectados a un toma-corriente de 120V, como se indica en el esquema 1, y en una hora consumen 0,8kWh de energía. Si los dos resistores fueren conectados de acuerdo con el esquema 2, ellos consumirán, en una hora, la energía de:



a) 0,8kWh b) 0,6kWh c) 0,4kWh d) 0,2kWh e) 0,1kWh

319 Un hilo resistivo homogéneo de longitud L, sección recta constante A y resistencia R (Fig. 1) es cortado en tres pedazos iguales para formar un mazo (Fig. 2).

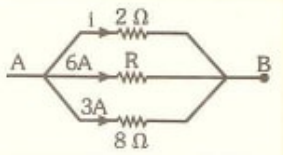


La resistencia del mazo es de:

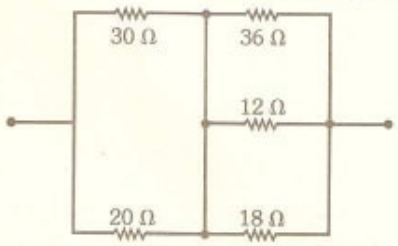
a) $\frac{R}{9}$ b) $\frac{R}{6}$ c) $\frac{R}{3}$ d) R e) 3R

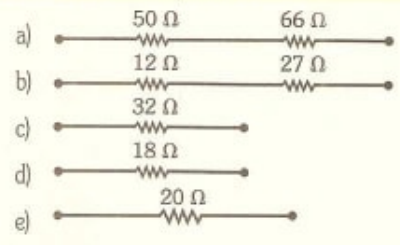
320 Observando el tramo del circuito esquematizado en la figura, se puede afirmar que la tensión entre los puntos A y B, la corriente i y la resistencia R valen, en ese orden:

a) 48V, 3A y 2Ω
b) 24V, 12A y 4Ω
c) 24V, 6A y 4Ω
d) 12V, 12A y 6Ω
e) 6V, 24A y 12Ω



321 Considere la asociación de resistores del esquema. Señale el sistema equivalente.

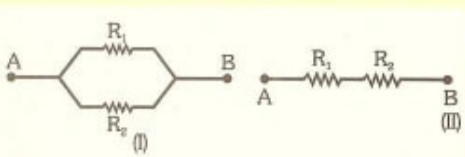




322 En la figura están representados dos resistores R_1 y R_2, de valores diferentes, conectados a la misma diferencia de potencial V_{AB}, asociados en paralelo (I) y en serie (II).

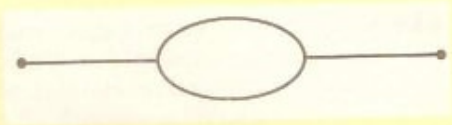
Se puede afirmar que la:

a) corriente que passa por R_1 es mayor en (I).
b) corriente que pasa por R_2 es mayor en (II).
c) tensión en R_1 es menor en (I).
d) tensión en R_2 es mayor en (II).
e) resistencia equivalente en (I) es mayor.



Subido por Leazeel

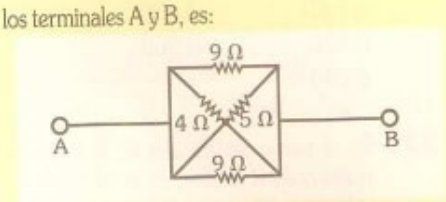
323 Un hilo homogéneo tiene resistencia R. Él se divide en cuatro partes iguales, que son soldadas como ilustra la figura. La resistencia de esa asociación será:



a) 4R b) 3R c) $\frac{R}{3}$ d) $\frac{R}{4}$ e) $\frac{5R}{8}$

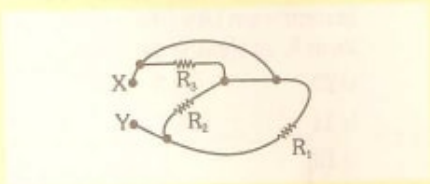
324 La resistencia del resistor equivalente a la asociación, entre los terminales A y B, es:

a) cero
b) 3
c) 4,5
d) 9
e) 18



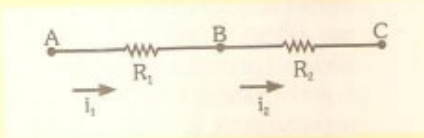
325 La resistencia de cada resistor representado en el circuito es de 12Ω. Se sabe que la diferencia de potencial entre X e Y es igual a 48V. La corriente eléctrica en el resistor R_1, en amperes, es igual a:

a) cero
b) 1,3
c) 2,7
d) 4,0
e) 6,0



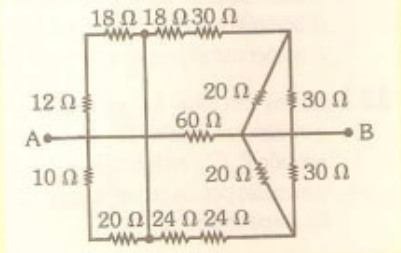
326 Se asocian en serie dos resistores, siendo $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 6\Omega$. La tensión medida entre los terminales del primero es $U_1 = 60V$. La corriente i_2 y la tensión U_2 en el segundo resistor, respectivamente, valen:

a) 10A y 60V b) 15A y 90V c) 15A y 45V d) 10A y 40V



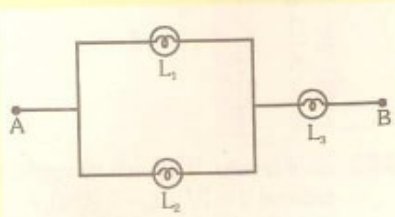
327 La resistencia del resistor equivalente a la asociación, entre los terminales A y B, es:

a) 17Ω
b) 20Ω
c) 35Ω
d) 70Ω
e) 180Ω



328 La figura muestra un tramo de un circuito con 3 bombillas eléctricas funcionando de acuerdo con las características especificadas. Los puntos A y B están conectados en una red eléctrica. La potencia disipada por L_3 es:

a) 75W
b) 50W
c) 150W
d) 300W
e) 200W

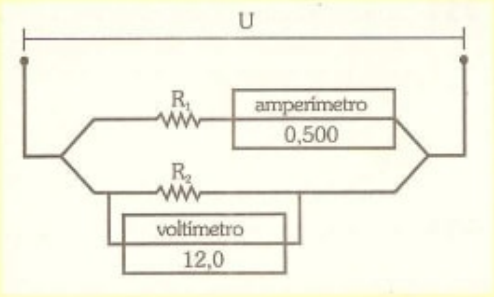


L_1 = 100V y 50W
L_2 = 100V y 100W
L_3 = 100V

Subido por Leazeel

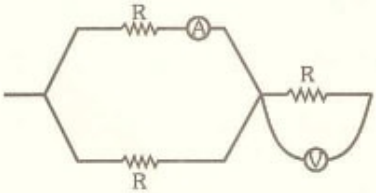
329 El amperímetro y el voltímetro ideales conectados en el circuito esquematizado acusan las lecturas indicadas de corriente eléctrica (en A) y la diferencia de potencial (en V). Los resistores R_1 y R_2 tienen la misma resistencia eléctrica. ¿Cuál es la resistencia equivalente que sustituye a la asociación de los resistores R_1 y R_2?

a) 6,0Ω
b) 12Ω
c) 24Ω
d) 48Ω
e) 96Ω



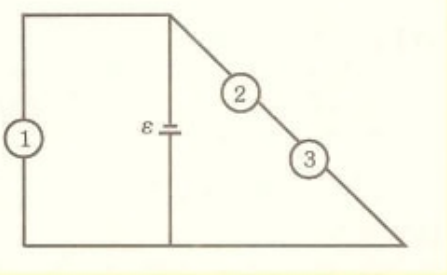
330 En el tramo del circuito de la figura hay tres resistencias R iguales, un amperímetro (A) y un voltímetro (V) ideales. Si las lecturas en esos instrumentos son 1A y 10V, respectivamente, el valor de R, en ohms, es de:

a) 20
b) 11
c) 10
d) 5
e) 1



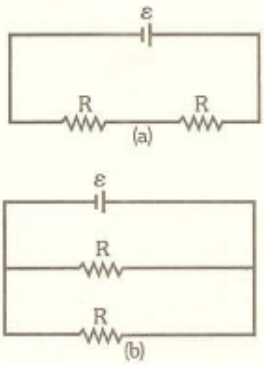
331 En el circuito indicado, se dispone de los siguientes elementos: un amperímetro y un voltímetro ideales, que indican 300mA y 1,5V, y una bombilla eléctrica. Los elementos simbolizados en el circuito por los números 1, 2 y 3 pueden corresponder, respectivamente, a:

a) amperímetro, bombilla eléctrica y voltímetro.
b) voltímetro, bombilla eléctrica y amperímetro.
c) bombilla eléctrica, voltímetro y amperímetro.
d) bombilla eléctrica, amperímetro y voltímetro.
e) amperímetro, voltímetro y bombilla eléctrica.



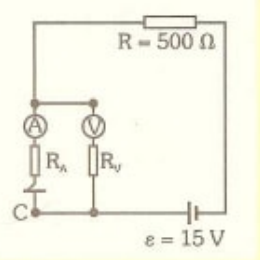
332 En los circuitos (a) y (b) que se ilustran, los generadores ideales tienen la misma f.e.m. La relación P_A/P_B, en la cual P_A y P_B son las potencias generadas por los generadores en los circuitos (a) y (b), respectivamente, es:

a) $\frac{1}{6}$
b) $\frac{1}{4}$
c) $\frac{1}{2}$
d) 1
e) 2



333 En el circuito, V y A son un voltímetro y un amperímetro, respectivamente, con fondos de escala (lectura máxima) V = 1V y R_V = 1 000Ω, A = 30mA y R_A = 5Ω. Al abrir la llave C:

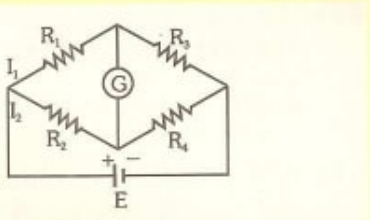
a) el amperímetro tendrá una lectura mayor que 30mA y se puede dañar.
b) el voltímetro indicará 0V.
c) el amperímetro no alterará su lectura.
d) el voltímetro no alterará su lectura.
e) el voltímetro tendrá una lectura mayor que 1V y podrá dañarse.



Subido por Leazeel

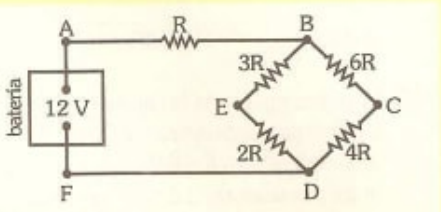
334 La figura ilustra el esquema de un puente de Wheatstone. Se sabe que E = 3V, $R_2 = R_3 = 5\Omega$ y que el galvanómetro es de cero central. El puente se halla en equilibrio cuando se tiene que $R_1 = 2\Omega$.
Las corrientes I_1 e I_2 (en amperes) valen, respectivamente:

a) cero y cero
b) 2 y 2
c) 0,43 y 0,17
d) 0,30 y 0, 75
e) 0,43 y 0,43



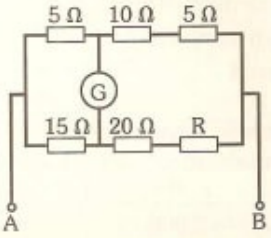
335 El esquema representa una asociación de resistores conectada a una batería. La diferencia de potencial es nula entre los puntos:

a) A y F
b) A y E
c) E y C
d) A y D
e) B y E



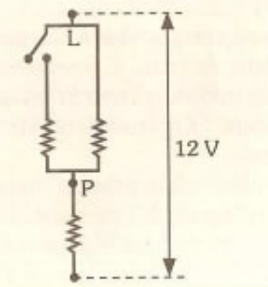
336 En el circuito, la ddp entre los terminales A y B es de 60V y el galvanómetro G acusa una intensidad de corriente eléctrica cero. Si la ddp entre los terminales A y B es duplicada y el galvanómetro continúa acusando cero, se puede afirmar que:

a) la resistencia R permanecerá constante e igual a 25Ω.
b) la resistencia R permanecerá constante e igual a 15Ω.
c) la resistencia R permanecerá constante e igual a 10Ω.
d) la resistencia R, que era 25Ω, será alterada a 50Ω.
e) la resistencia R, que era 50Ω, será alterada a 12,5Ω.



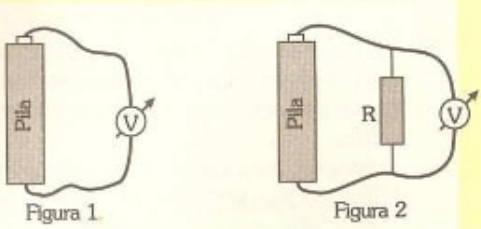
337 En el circuito esquematizado, todos los resistores son iguales y, con la llave L abierta, fluye una corriente I en el punto P. Con la llave L cerrada, la corriente eléctrica en el punto P es igual a:

a) I
b) $\frac{I}{2}$
c) $\frac{I}{3}$
d) $\frac{3I}{4}$
e) $\frac{4I}{3}$



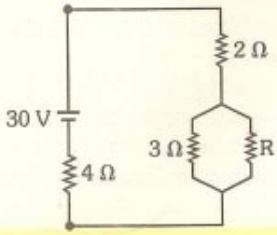
338 En la figura 1, el voltímetro V indica una diferencia de potencial de 1,5V. En la figura 2, el voltímetro V indica 1V. La resistencia equivalente de R es de 10Ω. La corriente R y la resistencia interna de la pila son, respectivamente:

a) 0,1A y 5Ω
b) 0,15A y 10Ω
c) 10A y 5Ω
d) 0,05A y 10Ω
e) 10A y 10Ω



339 Se sabe que un generador de tensión eléctrica transfiere la mayor potencia al circuito conectado a él cuando la resistencia de ese circuito es igual a su resistencia interna. En el circuito, el valor de R que demanda la máxima transferencia de potencial del generador es:

a) 2Ω
b) 3Ω
c) 4Ω
d) 5Ω
e) 6Ω



Subido por Leazeel

340 Un generador eléctrico es recorrido por una corriente de 2A de intensidad y disipa internamente 20W. Si la ddp entre los terminales del generador es 120V, su f.e.m. es de:

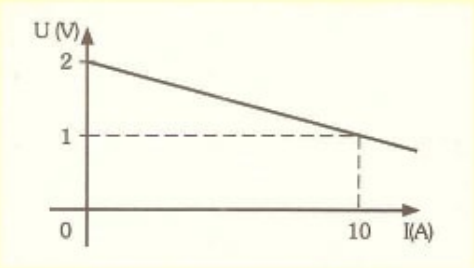
a) 160V b) 150V c) 140V d) 130V e) 110V

341 Un generador de corriente continua en circuito abierto tiene una f.e.m. de 120V. Cuando es conectado a una carga que demanda 20A de corriente, la ddp en sus terminales es de 115V. ¿Cuál es la resistencia interna del generador?

a) 0,25Ω b) 0,50Ω c) 1,00Ω d) 1,50Ω e) 2,00Ω

342 El gráfico representa la dependencia entre tensión y corriente para cierto elemento del circuito. El elemento es:

a) un resistor com R = 0,02Ω.
b) un generador con f.e.m. = 2V y resistencia interna r = 0,1Ω.
c) un generador con f.e.m. = 2V y resistencia interna r = 0,2Ω.
d) un resistor con R = 100Ω.
e) n.d.a.

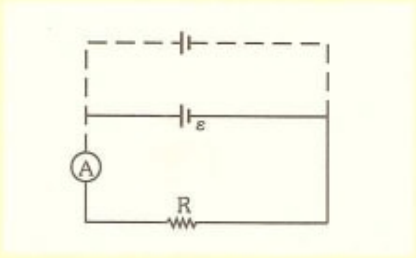


343 Un radio utiliza 4 pilas de 1,5V y resistencia interna de 0,5Ω cada una. Considerando que las pilas están asociadas en serie, la fuerza electromotriz (f.e.m.) y la resistencia equivalente son, respectivamente:

a) 1,5V y 2,00Ω
b) 6,0V y 0,75Ω
c) 6,0V y 0,25Ω
d) 1,5V y 0,50Ω
e) 6,0V y 2,00Ω

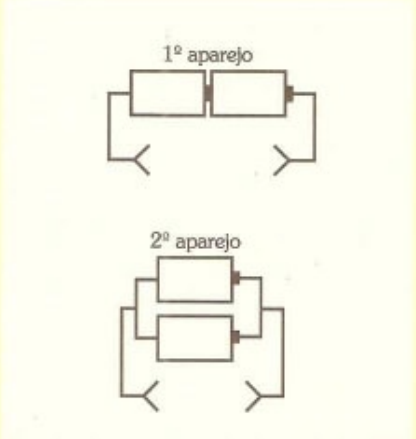
344 Un amperímetro ideal A, un resistor de resistencia R y una batería de f.e.m. ε y resistencia interna despreciable están asociados en serie. Si una segunda batería, idéntica a la primera, fuere asociada al circuito como muestra la línea trazada:

a) la diferencia de potencial en el amperímetro aumentará.
b) la diferencia de potencial en el amperímetro disminuirá.
c) la corriente del resistor aumentará.
d) la corriente del resistor no se alterará.
e) la corriente del resistor disminuirá.



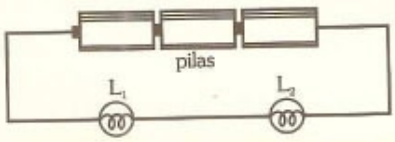
345 Las figuras ilustran pilas ideales asociadas en serie (1º aparejo) y en paralelo (2º aparejo). Suponiendo que las pilas son idénticas, señale la alternativa correcta:

a) Ambos aparejos suministran la misma tensión.
b) El primer aparejo suministra una tensión mayor que el segundo.
c) Si se conecta un voltímetro en los terminales del segundo aparejo, él indica una diferencia de potencial nula.
d) Ambos aparejos, cuando son conectadas al mismo resistor, suministran la misma corriente.
e) Si se conecta un voltímetro en los terminales del primer aparejo, él indica una diferencia de potencial nula.



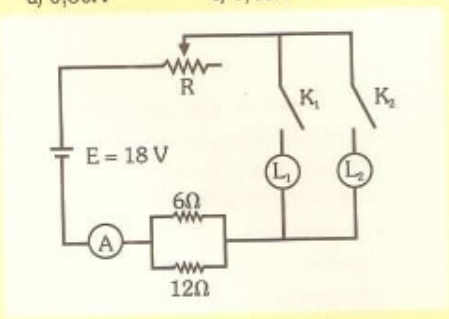
Subido por Leazeel

346 El circuito esquematiza tres pilas de 1,5V cada una, asociadas en serie a las bombillas L_1 y L_2. La resistencia eléctrica de cada una de las bombillas es de 15Ω. Despreciándose la resistencia interna de las pilas, ¿cuál es la corriente eléctrica que pasa en la bombilla L_1?



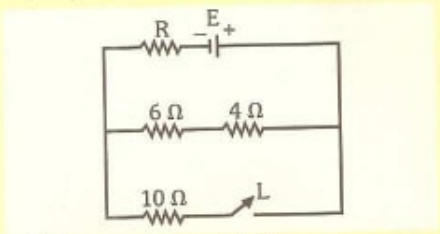
a) 0,05A b) 0,10A c) 0,15A d) 0,30A e) 0,45A

347 En la figura, E = 18V; L_1 y L_2 son bombillas eléctricas de resistencia de 3Ω cada una; K_1 y K_2 son llaves; A es un amperímetro ideal y R, una resistencia variable. Cada bombilla, para encenderse, necesita una corriente de 1A. Se cierra K_1, y se ajusta R y después se cierra K_2 y se reajusta R para obtener la condición de las bombillas encendidas. Los valores de la resistencia R (en ohms), en las situaciones K_1 cerrada y después K_1 y K_2 cerradas, son respectivamente iguales a:



a) 0 y 1 b) 3 y 3 c) 3 y 6 d) 11 y 3,5 e) 11 y 10

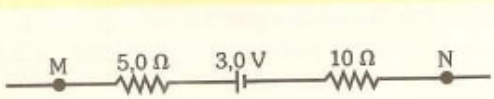
348 El generador del circuito de la figura tiene fuerza electromotriz E y resistencia interna despreciable. Cuando la llave L está abierta, la corriente en el generador es I y cuando la llave está cerrada, la corriente en el generador es $\frac{4}{3}$ I. ¿Cuál es el valor de R en ohms?



a) 4 b) 6 c) 8 d) 10 e) 12

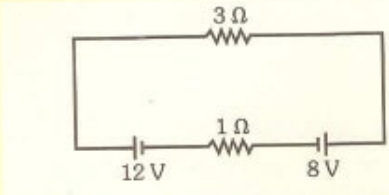
349 En la figura, el potencial eléctrico del punto M es 36V. De M a N circula una corriente eléctrica de 2A de intensidad. El potencial eléctrico del punto N es más correctamente expresado, en volts, por el valor:

a) 30
b) 27
c) 18
d) 12
e) 3,0



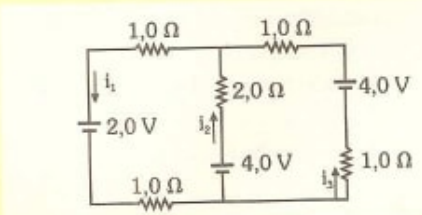
350 En el circuito eléctrico, la intensidad de la corriente eléctrica y su sentido son, respectivamente:

a) 5A, horario.
b) 1A, horario.
c) 5A, antihorario.
d) 1A, antihorario.
e) 2A, horario.



351 Las intensidades de las corrientes i_1, i_2 e i_3 son:

a) 0,33A, 0,33A y 0,67A
b) 0,67A, 0,33A y 0,67A
c) 0,33A, 0,67A y 0,67A
d) 0,33A, 0,67A y 0,33A
e) 0,67A, 0,33A y 0,33A

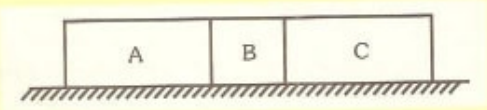


Subido por Leazeel

352 Se sabe que los imanes producen, alrededor de sí, un cierto campo de atracción, conocido como campo magnético. Se sabe, también, que los imanes poseen dos polos: un polo norte y un polo sur. Si se divide un imán en el medio, se puede decir que:

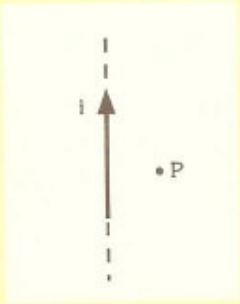
a) se separarán los polos del imán.
b) por más que se divida un imán él conservará sus polos.
c) no se puede dividir un imán.
d) a y b son correctas.
e) n.d.a.

353 Una barra imantada, apoyada en una superficie perfectamente lisa y horizontal, es dividida habilidosamente en tres pedazos (A, B y C). Si la parte B es cuidadosamente retirada, entonces A y C:



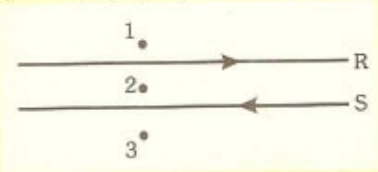
a) se aproximan.
b) oscilan.
c) se desimantan.
d) se alejan.
e) permanecen en reposo.

354 La figura representa un conductor rectilíneo recorrido por una corriente i, conforme a la convención indicada. El sentido del campo magnético en el punto P, colocado en el plano de la figura es:



a) contrario al de la corriente.
b) saliente perpendicularmente de la página.
c) entrante perpendicularmente en la página.
d) hacia su izquierda, en el plano del papel.
e) hacia su derecha, en el plano del papel.

355 La figura ilustra dos hilos conductores, R y S, rectilíneos, paralelos y contenidos en el plano de la página. Las flechas indican los sentidos opuestos de dos corrientes eléctricas convencionales de la misma intensidad que recorren los hilos. Indique si el sentido del campo magnético resultante, producido por las corrientes eléctricas, es de adentro o de afuera de la página en cada uno de los puntos 1, 2 y 3, respectivamente.

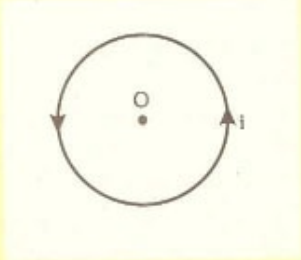


a) adentro, afuera, adentro.
b) adentro, adentro, adentro.
c) afuera, afuera, adentro.
d) adentro, afuera, afuera.
e) afuera, adentro, afuera.

356 Un hilo conductor rectilíneo y muy largo es recorrido por una corriente de 2A de intensidad. El campo magnético a 50cm del hilo tendrá una intensidad de:

a) $2{,}0 \cdot 10^{-7}$T b) $4{,}0 \cdot 10^{-7}$T c) $8{,}0 \cdot 10^{-7}$T d) $1{,}6 \cdot 10^{-6}$T e) $3{,}2 \cdot 10^{-6}$T

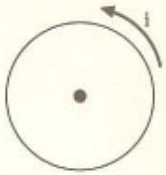
357 La figura representa una espira circular recorrida por una corriente eléctrica i. El campo magnético generado por esa espira en su centro O es orientado:



a) horizontalmente hacia la derecha.
b) horizontalmente hacia la izquierda.
c) perpendicularmente al plano de la espira hacia adentro.
d) perpendicularmente al plano de la espira hacia afuera.
e) verticalmente hacia abajo.

Subido por Leazeel

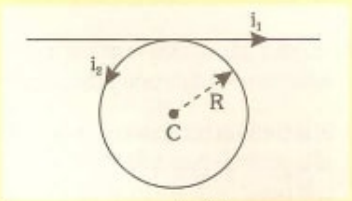
358 Una espira circular de radio π cm es recorrida por una corriente de 2A de intensidad, en sentido antihorario, como ilustra la figura. El vector inducción magnética en el centro de la espira es perpendicular al plano de la figura y de intensidad:



$\left(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}\right)$

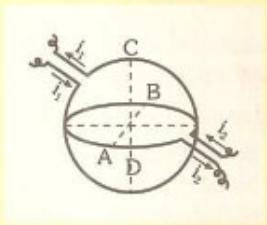
a) $4 \cdot 10^{-5}$T, orientado hacia afuera.
b) $4 \cdot 10^{-5}$T, orientado hacia adentro.
c) $2 \cdot 10^{-4}$T, orientado hacia afuera.
d) $2 \cdot 10^{-4}$T, orientado hacia adentro.
e) $4 \cdot 10^{-4}$T, orientado hacia afuera.

359 En la figura están representados un hilo muy largo, recorrido por una corriente i_1, y una espira circular de radio R, recorrida por la corriente i_2, ambos en un mismo plano y uno tangente al otro, como se indica en la figura. ¿Cuál es el valor de la razón i_1 / i_2 para que el campo magnético resultante en el centro C de la espira sea nulo?



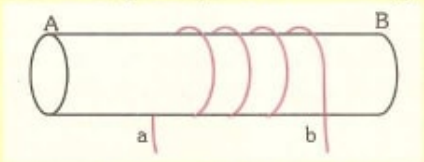
a) 1/2 b) $1/\pi$ c) 2 d) π e) $\pi/2$

360 En la figura se tienen dos espiras circulares, concéntricas, del mismo radio y planos perpendiculares. El campo magnético $\vec{B}_r$, resultante de los campos creados por las corrientes i_1 e i_2 ($i_1 = i_2$) en el centro O, tiene la dirección y el sentido de la bisectriz del ángulo:



a) AOB. b) AOC. c) BOC. d) BOD. e) AOD.

361 Arrollándose un solenoide sobre un tubo plástico, como se indica en la figura, se puede esperar que:



a) si una corriente convencional penetra en a, el polo norte magnético estará en el extremo B.
b) si una corriente convencional penetra en a, el polo norte magnético estará en el extremo A.
c) si una corriente convencional penetra en b, el polo norte magnético estará en el extremo A.
d) si una corriente real penetra en b, el polo norte magnético estará en el extremo B.
e) solamente con esos datos no se pueden identificar los polos.

362 Una bobina plana está formada de 50 espiras circulares de 0,1m de radio. Se sabe que las espiras son recorridas por una corriente de 3A, la intensidad del vector campo magnético en su centro será de ($\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$T $\cdot$ m/A):
a) $3\pi \cdot 10^{-4}$T b) $60\pi \cdot 10^{-7}$T c) $15\pi \cdot 10^{-8}$T d) $19\pi \cdot 10^{-6}$T e) n.d.a.

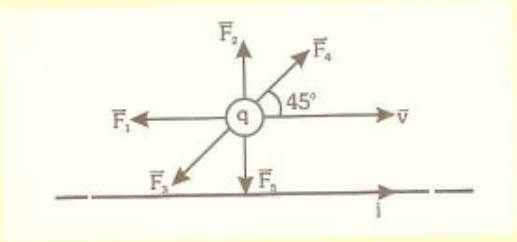
363 En los puntos internos de un solenoide largo recorrido por una corriente eléctrica continua, las líneas de fuerza del campo magnético son:
a) radiales con origen en el eje del solenoide.
b) circunferencias concéntricas.
c) rectas paralelas al eje del solenoide.
d) hélices cilíndricas.
e) No hay líneas de fuerza, pues el campo magnético es nulo en el interior del solenoide.

364 Un solenoide posee 5 000 espiras por metro. Adopte $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$T $\cdot$ m/A. El campo magnético originado en la región central por el paso de una corriente de 0,2A es de:
a) $4\pi \cdot 10^{-4}$ T b) $8\pi \cdot 10^{-4}$ T c) $4\pi \cdot 10^{-3}$ T d) $2\pi \cdot 10^{-2}$ T e) n.d.a.

Subido por Leazeel

365 Considere un hilo rectilíneo largo recorrido por una corriente eléctrica i. Una carga eléctrica $q > 0$, en cierto instante, posee una velocidad $\vec{v}$ paralela al hilo. La fuerza magnética sobre esa carga será mejor representada por el vector:

a) $\vec{F}_1$
b) $\vec{F}_2$
c) $\vec{F}_3$
d) $\vec{F}_4$
e) $\vec{F}_5$



366 Una partícula cargada se mueve en el vacío con una velocidad constante. Cuando se aplica un campo magnético uniforme y de dirección perpendicular a la del movimiento de la partícula, ocurre lo siguiente:

a) la partícula continúa con velocidad constante.
b) la partícula pasa a describir un movimiento circular uniforme.
c) la partícula pasa a moverse en la dirección del campo magnético.
d) la partícula pasa a describir un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
e) la partícula tiene una trayectoria parabólica.

367 Analizando el comportamiento de partículas que se mueven perpendicularmente a la dirección de un campo magnético, se verifica que la partícula que no es acelerada por la fuerza debida a ese campo es:

a) el neutrón. b) el protón. c) el electrón. d) la partícula alfa. e) la partícula beta.

368 Un hilo de longitud $\ell = 30\text{cm}$ forma un ángulo de 90° con un campo magnético de 0,5T de intensidad. Si el hilo es recorrido por una corriente eléctrica de 400mA, el módulo de la fuerza que actúa en el hilo es, en newtons:

a) $6{,}0 \cdot 10^{3}$ b) 60 c) $6{,}0 \cdot 10^{-1}$ d) $6{,}0 \cdot 10^{-2}$ e) $6{,}0 \cdot 10^{-4}$

369 Una carga eléctrica de 10^{-10}C es lanzada perpendicularmente a las líneas de fuerza de un campo magnético, con una velocidad de 10^{3}m/s. Una fuerza de 10^{-8}N pasa a actuar sobre la carga. Entonces, la intensidad del campo es:

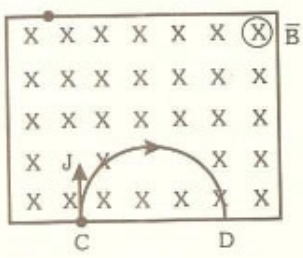
a) 10^{3}T b) 10^{2}T c) 10T d) 10^{-1}T

370 Una partícula de carga $q = 4 \cdot 10^{-18}$C y masa $m = 2 \cdot 10^{-26}$kg penetra ortogonalmente en una región de un campo magnético uniforme B, de 10^{-3}T de intensidad, con una velocidad $v = 10^{5}$m/s. El radio de la órbita descrita por la partícula es de:

a) 10cm.
b) 30cm.
c) 50cm.
d) 70cm.
e) n.d.a.

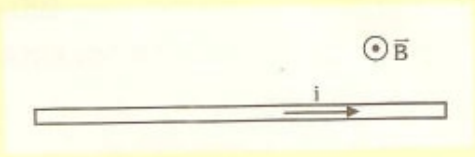
371 La relación carga/masa para el electrón es de aproximadamente $1{,}76 \cdot 10^{11}$C/kg. Un electrón emplea cerca de $6 \cdot 10^{-10}$s para recorrer la trayectoria ilustrada entre los puntos C y D de un espectrómetro de masa. La intensidad del vector inducción magnética del campo uniforme utilizado es aproximadamente:

a) $1 \cdot 10^{-2}$T
b) $3 \cdot 10^{-2}$T
c) $1 \cdot 10^{-1}$T
d) $3 \cdot 10^{-1}$T
e) 1T

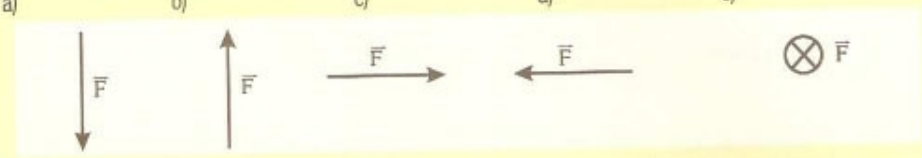


Subido por Leazeel

372 La figura representa un conductor rectilíneo, recorrido por una corriente eléctrica i, que se halla en un campo magnético uniforme $\vec{B}$ orientado perpendicularmente al plano de la figura hacia afuera.
Ese conductor estará sometido a la acción de una fuerza magnética $\vec{F}$, cuya dirección y sentido están mejor representados por el vector:



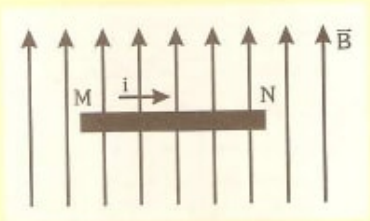
a) b) c) d) e)



373 Un hilo de 25cm de longitud se coloca en el interior de un campo magnético. El hilo es recorrido por una corriente de 4A y el campo tiene una intensidad de 0,02T. La fuerza que actúa sobre el hilo, cuando es colocado formando un ángulo de 30° con las líneas de campo magnético, es en newtons:

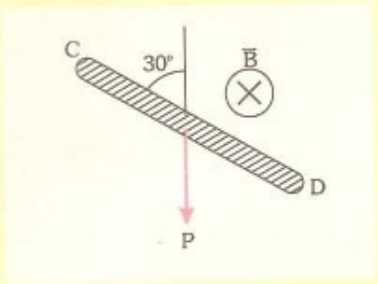
a) 0,0174 b) 0,01 c) 2 d) 1 e) 0,02

374 Un trecho MN de un hilo rectilíneo, de 10cm de longitud, conduciendo una corriente eléctrica de 10A, se halla en una región, en el vacío, donde existe un campo de inducción magnética de 1T, como se indica en la figura. La fuerza que actúa en el trecho del hilo tiene una intensidad de:



a) 1N y hacia adentro del papel.
b) 0,5N y hacia afuera del papel.
c) 1N y en el sentido del campo.
d) 1,5N y en el sentido opuesto al del campo.
e) 1N y hacia afuera del papel.

375 La figura representa una barra metálica CD, de 2N de peso y 2m de longitud, que forma un ángulo de 30° con la vertical, sumergida en un campo de inducción magnética uniforme, horizontal y perpendicular a la barra, con el sentido hacia adentro del plano de la figura, de 0,5T de intensidad. Para que la barra no caiga, es necesario que ella sea recorrida por una corriente de:

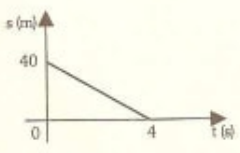


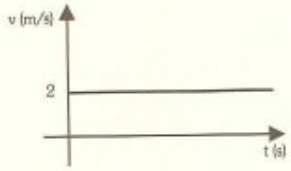
a) 2A, de C hacia D.
b) 4A, de C hacia D.
c) 2A, de D hacia C.
d) 4A, de D hacia C.
e) n.d.a.

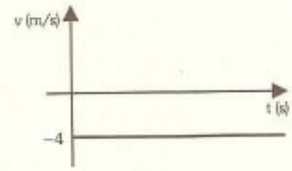
Subido por Leazeel

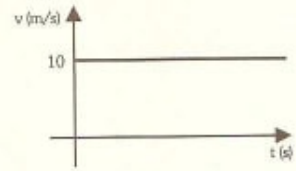
RESPUESTAS

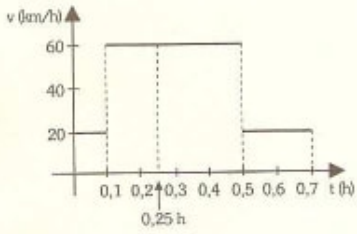
PROBLEMAS PROPUESTOS

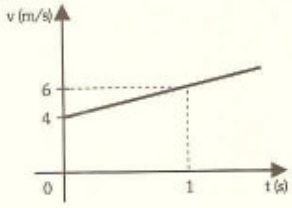
1. a) 480m b) $120m y 40\sqrt{5}m$
2. a) 50m y 50m b) 100m y 140m
3. a) $80\sqrt{2}m$ y $40\pi m$ c) cero y $160\pi m$
   b) 160m y $80\pi m$
4. $9{,}3572 \cdot 10^8 km$
5. a) 25m/s b) 54km/h
6. 1 188km/h
7. 40m/s
8. 36km/h
9. a) 7,5m/s; 6,25m/s y 6m/s
   b) = 6,52m/s
10. $1{,}5 \cdot 10^6 s$
11. 90km/h
12. 18min
13. a) 6h 16min 50s b) ≈ 95,54km/h
14. ≈ 17,65km/h
15. 5m/s
16. 0,5m/s
17. a) 1m/min c) 10m
    b) 50min
18. 36km/h
19. 56km/h
20. 150m
21. a) 50m y 8m/s c) 75s
    b) 210m d) 8m
22. a) 60m y −10m/s c) 6s
    b) 30m d) 90m (en módulo)
23. a) 50s y 530m c) = 31,8s y 278m
    b) 70s y 700m d) 10s y −150m
24. a) 20s b) 400m
25. 10s
26. 6min
27. 7s
28. a) 10s b) 15s
29. 40m/s
30. 1 020m
31. 

32. a) $s = -50 + 2t$ b) 65s
33. −14m
34. a) 1 000km/h b) 8 500km
35. a) 8s b) 1 200m
36. a) 0,5s y 3,5m b) 3s y −8m
37. a)


b)


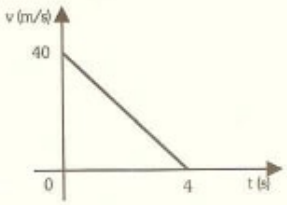
c)


38. 50m
39. 28m (en módulo)
40. 55km/h
41. a)


b) 30km
c) 0,25h
42. $4m/s^2$
43. 5m/s
44. $5m/s^2$
45. a) 50m/s y $4m/s^2$ c) 12,5s
    b) 70m/s
46. a) 40m/s d) 4s
    b) $-10m/s^2$ e) acelerado: 6s y retardado: 2s
    c) −10m/s
47. $v = 5 + 2t$
48. 84m/s
49. $-1\,200km/h^2$
50. $-5m/s^2$
51. 100m/s
52. a) $v = 4 + 6t$ c) $v = -2t$
    b) $v = 1 - 10t$ d) $v = 8t$
53. a) $s_0 = -40m$, $v_0 = -2m/s$ y $a = 4m/s^2$
    b) $v = -2 + 4t$ c) 5s
54. a) 6m c) 10s
    b) 10m
55. 0,25s y 14,875m
56. 572m
57. a) $1{,}25m/s^2$ b) 187,5m
58. a) 40m/s c) 450m
    b) 200m d) 20m/s
59. 784m
60. 3m
61. 40m
62. a) $0{,}8m/s^2$ b) 8m/s
63. a) 20s b) 10m/s
64. a) 7h b) a 294km de A
65. $3m/s^2$
66. 14m/s
67. $-4m/s^2$
68. a) 80m b) 12m/s
69. $2{,}5m/s^2$
70. a) 10s b) 100m
71. $2m/s^2$ y 10s
72. 41,5m/s y 352,5m
73.


Subido por Leazeel

74.



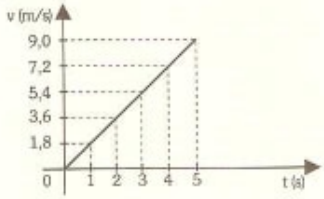
75. a) $v = t$ c) $v = 20 - 10t$
b) $v = 10 + 2t$ d) $v = -5 + 3t$

76. a) 40m/s b) 20s

77. a) $v = 5 + 2t$ c) 13m/s
b) 104m

78. 14m

79. a)



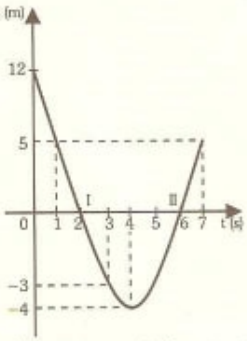
b) $1,8m/s^2$

80. a) $1,0m/s^2$ y $-1,0m/s^2$ b) 4,1m/s

81. 600m

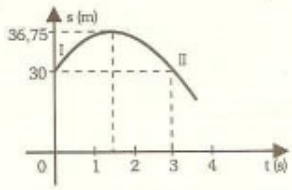
82. a) 16m/s b) 36m

83. s (m)



Tramo I → movimiento retrógrado y retardado
Tramo II → movimiento progresivo y acelerado

84.



Tramo I → movimiento progresivo y retardado
Tramo II → movimiento retrógrado y acelerado

85. a) $-20m$ c) 4s o 5s
b) 4,5s d) $t > 4,5s$

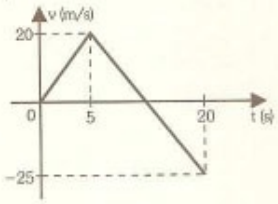
86. $s = 6 + 2,5t^2$

87. a) $s = 12 + 4t - t^2$ b) $-2m/s$

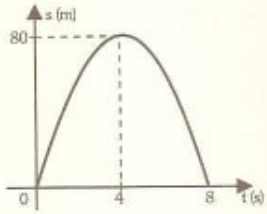
88. 35m/s

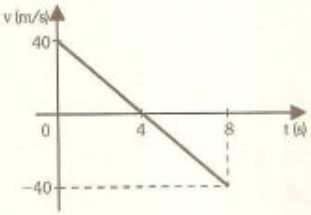
89. cero

90. a) $-1,25m/s^2$
b)



91. a) 4s c) 8s
b) 80m d) $-40m/s$
e)





92. = 47,4m

93. a) 2s c) 5s
b) 45m d) $(2 + \sqrt{2})$s

94. a) 60m/s b) 180m

95. 9s

96. a) 4,3s b) 33m/s

97. 125m/s

98. a) 1,2s c) 1,8m
b) 6m/s

99. 3s

100. 60m/s

101. 1,75s

102. a) 6s b) 60m/s

103. a) 43m c) 48m/s
b) 38m/s d) 2s

104. 3,2m

105. 240,1m

106. 2m

107. A: 13,6375m B: 6,2125m

108. 320m

109. 11° piso

110. $\frac{80}{3}$ m/s

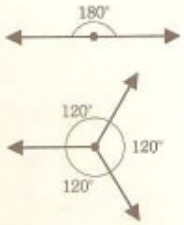
111. a) = 22,8cm b) 8,5cm

112. 10m

113. ≈ 10,6cm

114. 10cm

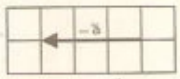
115.



116. a) $2\sqrt{34}$cm b) $2\sqrt{10}$cm

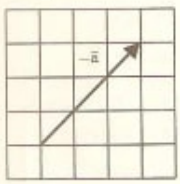
117. $2\sqrt{13}$cm

119.
a)

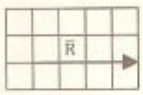


b)

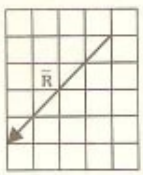
c)



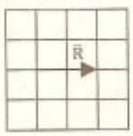
120.
a)



b)



121.
a)



b)

122. a) $a_x = 5\sqrt{3}$m y $a_y = 5$m
b) $a_x = 5$m y $a_y = 5\sqrt{3}$m

123. 10m

124. a) $a_x = 20$cm y $a_y = 0$
b) $a_x = 0$ y $a_y = 20$cm

125. 30°

126. 300m

127. 50km

128. = 10,31m

Subido por Leazel

129. ≈18,8km

130. a) $r_A = 0$ y $r_B = 3$cm c) $\sqrt{13}$cm/s
b) 4cm/s

131. a) 8πcm/s b) 16cm/s

132. a) 0,04πm/s b) 0,08m/s

133. a) 8 400m b) 3 600m

134. 400km

135. 14km/h

136. $v_A = 6$m/s y $v_B = 0$

137. ≈ 1 019,8km/h

138. $v_B = 7$m/s y $v_C = 2$m/s

139. a) 10m/s b) 360m

140. $v_{sonido} = 333,7$ m/s y $v_{eterno} = 11,1$m/s

141. a) 80m d) 200m
b) (50m, 60m) e) ≈ 39,1m/s
c) 8s

142. a) 320m b) 1 040m

143. a) 20m/s b) 0,8s

144. 15m/s

145. 60m/s

146. 8s

147. 5m/s

148. 20m/s y 60°

149. a) 10s b) (160m, 80m)

150. 2 000m

151. 50m y 5s

152. 5m/s

153. 8m

154. a) 1,5m/s c) 2m/s²
b) cero

155. ≈ 4,02m

156. 50rad

157. 100s

158. a) 0,5s b) 2Hz

159. a) 2,5Hz; 0,4s y 5πrad/s
b) 60πcm/s

160. 12πcm/s

161. 1,5m/s

162. 1,49h

163. a) 24πrad/s (ambas)
b) $v_A = 12\pi$mm/s y $v_B = 6\pi$mm/s

164. 12,56m/s

165. a) 40rad/s b) ≈ 6,4Hz

166. a) $\frac{\pi}{1\,800}$ rad/s b) $\frac{\pi}{36}$ cm/s

167. a) 2,5m/s² b) = 4Hz

168. 150m/s²

169. $1,47 \cdot 10^6$cm/s²

170. ≈ 1 460,5m

171. 400m

172. El alumno Y está correcto, pues en el tramo BC existe aceleración centrípeta.

173. 72km/h

174. a) $\varphi = \frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{4}t$ c) $\frac{9\pi}{4}$ rad

b) $s = 3\pi + \frac{\pi}{2}t$ d) 58s

175. 1,5s

176. a) 8 πrad/s b) 80 πrad

177. a) 1s b) 1,5 πrad/s

178. a) 40m b) 60s

179. a) 0,4rad/s b) 4,4rad

180. a) 300rpm b) πm/s

181. a) 0,5s b) 60 πcm/s y
40 πcm/s

182. ≈ 13,6km/h

183. a) 1N c) 10N
b) ≈ 9,54N

184. a) 5N b) ≈ 4,47N

185. 4m/s²

186. 2,5m/s²

187. 3 000N

188. 2 800N

189. 2 100N

190. 2,07N

191. a) 12,5N b) 75m/s y
1 125m

192. 8kg

193. 4N

194. a) 2m/s² b) 20m/s y 100m

195. 4cm

196. a) 40N/cm b) 400N

197. a) 2,5cm b) 32,5cm

198. 120kg y 192N

199. 128N

200. a) 1,5kgf
b) Vale 1,0kgf y está aplicada en la Tierra.

201. 100N; la piedra y está aplicada en el niño.

202. a) 4m/s² c) 32N
b) 32N

203. a) 6m/s² b) 48N y 30N

204. 40N

205. a) 5m/s² c) 40N
b) 20N

206. 6m/s² y 24N

207. 2kg

208. a) 2 880N b) Será, pues la fuerza tensora vale 880N.

209. a) 4m/s² b) 280N

210. 2m/s²; 40N y 36N

211. 11N

212. 2m/s²

213. a) 5m/s² b) 30N

214. a) 3m/s² b) 65N

215. a) 6m/s² c) 32N
b) 16N

216. 2kg

217. a) 480N d) 400N
b) 320N e) cero
c) 480N

218. a) 2m/s² c) 6N
b) 8N

219. a) $100\sqrt{3}$N b) 5m/s²

220. a) 28N b) 20N

221. $2\sqrt{30}$m/s

222. a) 3m/s² b) 60N

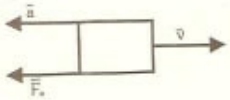
223. a) 4m/s² b) 137,6N

224. a) 1m/s² b) 18N

225. 0,6 y 0,5

226. a) Es posible, pues $F = F_r$.
b) 18N

227.



228. a) módulo: 6m/s²
dirección: del movimiento
sentido: contrario al movimiento
b) 4 800N

229. 243m

230. 5N

231. 50kg

232. a) 10N b) 0,5

233. a) Cuando el motor se acciona, la ruedas motrices adquieren un movimiento de rotación y ejercen sobre el suelo una fuerza de rozamiento dirigida hacia atrás. De

Subido por Leazeel

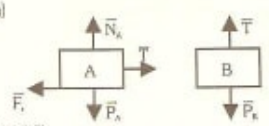
acuerdo con la 3ª ley de Newton (acción y reacción), el suelo reacciona y aplica sobre las ruedas motrices una fuerza de rozamiento dirigida hacia adelante y responsable de la aceleración del automóvil.
b) $F > 5000N$

234. a) $2m/s^2$ c) 12N
b) 12N

235. $1m/s^2$

236. $3,5m/s^2$

237. a)



b) 12,5kg

238. 1,25N

239. 20N

240. $2m/s^2$

241. 419,20N

242. 16.384N

243. 900N

244. 6 600N

245. 28N

246. 3 900N

247. a) 6 000N b) 0,5

248. 30m/s

249. a) $25m/s^2$ b) 5m/s

250. 2 000m

251. a) 2,8m/s b) cero

252. a) $= 1,16 \cdot 10^{22} m^2$ b) 2ª ley de Kepler

253. 84,5 años terrestres

254. $2 \times \sqrt[3]{2}$

255. $2,04 \cdot 10^{20} N$

256. $10^{15} kg$

257. = 63N

258. $\frac{F}{2}$

259. $\frac{9d}{10}$

260. $=7,3m/s^2$

261. $6,0 \cdot 10^{24} kg$

262. $R(\sqrt{2} - 1)$

263. $4,9m/s^2$

264. a) $9,83m/s^2$ b) $1,09 \cdot 10^4 N$

265. $R\sqrt{5}$

266. 3 200km

267. 7 273m/s y 6 562s

268. $\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{R_B}{R_A}}$

269. 720J

270. 160 000J

271. a) 72m b) 2 160J

272. a) 156,25m b) – 12 500J

273. a) $\mathcal{T} = 48\,000J$ y $\mathcal{T}_{F_r} = -16\,000J$
b) cero y cero

274. a) $800\sqrt{3}J$ c) – 800J
b) 0

275. 94,2J

276. a) 50J c) 35J
b) – 15J

277. 210J

278. 100J

279. 870J

280. 210J

281. 12J

282. 6 000J

283. 640J

284. a) – 50J b) $\sqrt{50}m/s$

285. $10\,000\sqrt{3}J$

286. a) 12 096J b) – 10 800J

287. 1 600W

288. $4,32 \cdot 10^6 J$

289. 360W

290. 80W

291. a) 6 210J b) 690W

292. 160CV

293. 1 620W

294. 40kW

295. 60kW

296. 75%

297. 12CV

298. 80%

299. 400J

300. $1,2 \cdot 10^6 J$

301. 4s

302. 5%

303. 1 600J

304. $3,7632 \cdot 10^{11} J$

305. $v_2 = 2v_1$

306. $70\sqrt{2}km/h$

307. a) 6 400J b) 16 384J

308. 2 000J

309. a) 3 840N c) cero
b) 1 920J

310. 2 625J

311. 40J y $2\sqrt{10}m/s$

312. 24N

313. 0,027J

314. 1,5m

315. – 126 000J

316. 4m/s

317. – 5,25J

318. 4 000N

319. = 9,75m/s

320. 4m/s y 3m/s

321. a) 0,2 b) – 2J

322. 2N

323. 1 176J

324. 2m

325. a) 375J b) 125J

326. $1,2 \cdot 10^7 J$

327. a) 12 000J b) 20m/s

328. 0,032J

329. 2m

330. a) 50N/m b) 0,01J

331. a) 9,5kg b) 10J

332. 7,2m

333. 36m/s

334. 120m

335. 4m

336. 4m/s

337. 5m

338. 8m/s

339. 10m/s

340. 10m/s

341. 10m/s

342. a) 100J c) 84J
b) 16J

343. a) 12 500J b) 11,25m

344. a) 40N b) 2m/s

345. 0,5m

346. a) 4m/s b) 0,36N

347. 60N

348. 80N · s

349. a) 40N · s b) $\frac{10}{3}$ m/s²

350. a) 0,25m/s² b) 5N · s

351. 8 000kg · m/s

352. a) 50N b) 100kg · m/s

353. a) 60kg · m/s c) 60N · s
b) cero

354. a) 20kg · m/s b) 4kg

355. a) 9,6kg · m/s b) 320N

356. 25N

357. a) 5kg · m/s y −5kg · m/s
b) −10N · s

358. 14N

359. a) $9,6 \cdot 10^{-3}$kg · m/s b) 0,32

360. 30m/s

361. a) 200N · s; 100N · s y 200N · s
b) 40m/s c) 60m/s

362. 0,72km/h

363. a) −10m/s b) 40N

364. 90kg

365. 70m/s

366. $\frac{2}{3}$ v_0 y $\frac{4}{3}$ v_0

367. a) 6kg · m/s de izquierda a derecha
b) 6m/s

368. 5cm

369. $-\vec{v}$

370. 4s

371. 240kg

372. La declaración es falsa, ya que la velocidad del automóvil era de 108km/h.

373. a) G (3m, 5m)
b) G ($2\sqrt{2}$m, $2\sqrt{2}$m)

374. G ($20\sqrt{3}$cm, 20cm)

375. T_1 = 50N y T_2 = 20N

376. 800N y $400\sqrt{3}$ N

377. a) 160N b) $80\sqrt{3}$N

378. 500N

379. $T_{AB} = \frac{160}{7}$ N y T_{BC} = 20N

380. 20N

381. a) 875N b) 437,5N

382. a) $100\sqrt{3}$N b) 100N

383. 20N

384. 4kg

385. $M_{F1,0}$ = 4Nm $M_{F2,0}$ = 6Nm
$M_{F3,0}$ = −12Nm $M_{F4,0}$ = 0

386. −6Nm

387. −10Nm, 6Nm y cero

388. −2,32Nm

389. 7Nm y 4Nm

390. a) − 30Nm, 0, −24Nm y 36Nm
b) −18Nm c) horario

391. a) 2Nm b) 2Nm

392. N_A = 64N y N_B = 16N

393. 60N y 240N

394. $N_A = \frac{3\,430}{3}$ N y $N_B = \frac{5\,390}{3}$ N

395. 2,4N

396. P_p = 20N y P = 8N

397. a) 12,5kg b) 625N

398. K_1 = 250N/m y K_2 = 500N/m

399. 1m

400. 500N

401. 5,25m

402. 3N

403. 2 000N y 8

404. a) 400N b) 2,5cm

405. 9

406. 300N

407. 2m

408. 45cm

409. 2,5m

410. 600N

411. 2g/cm³

412. 500g/cm³

413. 18g

414. 800cm³

415. 0,01kg y 0,098N

416. 2m²

417. = 2,9kg

418. 0,64g/cm³

419. $1,5 \cdot 10^4$N/m²

420. $1,25 \cdot 10^5$N/m²

421. $5,6 \cdot 10^4$N/m²

422. 25N

423. $5,6 \cdot 10^4$N

424. 1) ≈ 333,3N/m² 2) 1 600N/m²
3) $4 \cdot 10^5$N/m²

425. $2,5 \cdot 10^3$kg/m³

426. 2g/cm³ y 2,5g/cm³

427. $7,5 \cdot 10^5$N/m²

428. a) $4 \cdot 10^5$N/m² y 4N
b) $2,72 \cdot 10^4$N/m² y 43,52N

429. 16,2 πN

430. 1m

431. a) El de diámetro mayor, pues cuanto mayor el área de base, menor la altura de la columna de aceite.
b) = 4 246,3N/m²

432. 8 460N/m²

433. 23,3N

434. $2,236 \cdot 10^5$N/m²

435. $1,028 \cdot 10^5$N/m²

436. = 190m

437. x = 1atm e y = 4m

438. $10,24 \cdot 10^5$N

439. 30cm

440. 1,12g/cm³

441. 0,8g/cm³

442. 1cm

443. 1 200N

444. 32cm²

445 5 : 1

446. 48N

447. m_2 = 400kg y m_3 = 600kg

448. a) $1,1 \cdot 10^5$N/m² b) 0,5m
c) El volumen queda dividido por 4.

449. 5N

450. ≈ 8,18m

451. 0,8g/cm³

452. 0,35m

453. 25%

454. 0,48g/cm³

455. 0,8g/cm³

456. 4,5N

457. $2,4 \cdot 10^{-4}$m³

458. 930N

459. a) $2 \cdot 10^5$N/m²

Subido por Leazeel

b) $2{,}5 m/s^2$, vertical, hacia arriba
c) $5\sqrt{2} m/s$ d) $2\sqrt{2} s$

460. $8 m/s^2$

461. a)

b) 10N d) $6 \cdot 10^3 kg/m^3$
c) 60N

462. Para que la bola no se hunda en el líquido ($\mu_c < \mu_l$) se puede aumentar μ_l o disminuir μ_c.

463. X = 2 Y

464. a) t = 2h b) 50°F
c) 50cm

465. = 151°C

466. 25°C

467. $\theta_y = 3\theta_x + 60$

468. 96,8°F y 309K

469. 40°C y 313K

470. −60°C

471. −40°C

472. 10°A, −20°B y 140°C

473. a) Sí, pues el paciente está con fiebre (39°C).

474. 158°F

475. −50°C

476. 10°A y 310°A

477. 38,8°C

478. 25°C

479. a) 10,0024m b) 9,9964m

480. 60cm

481. 25°C

482. a) $5 \cdot 10^{-5} °C^{-1}$ b) = 3,998m

483. 0,044cm

484. $1{,}0 \cdot 10^{-5} °C^{-1}$

485. = 530°C

486. 49,5cm

487. = 454,18°C

488. = 432,5°C

489. 53,10cm y 1,55cm

490. a) $40{,}096 cm^2$ b) $39{,}9616 cm^2$

491. $25 \cdot 10^{-6} °C^{-1}$

492. $\approx 0{,}75 cm^2$

493. $2{,}044 cm^2$

494. = 361,5°C

495. $1\,005{,}1 cm^3$

496. = 236,11°C

497. $6 \cdot 10^{6} °C^{1}$

498. $= 2 \cdot 10^{-4} °C^{-1}$

499. El aumento de la temperatura provoca la dilatación del material de la tapa aumentando así su diámetro interno. Conviene destacar que la tapa siendo metálica, se dilata más que el vidrio.

500. No, pues al colocar agua caliente en el vaso interno él se dilata más y queda más apretado contra el vaso externo.
El procedimiento correcto es poner el vaso externo en contacto con agua caliente, de modo que, con su dilatación, resulte ensanchamiento que permita retirar el vaso interno.

501. 100,5cm y $406 cm^3$

502. 192ℓ

503. = 1ℓ

504. $1{,}01 \cdot 10^{-3} °C^{-1}$

505. a) $15 \cdot 10^{-5} °C^{-1}$ b) $18 \cdot 10^{-5} °C^{-1}$

506. = 20,8°C

507. a) $9 \cdot 10^{-3} g$ b) $2 \cdot 10^{-4} °C^{-1}$

508. a) 83 600J b) = 1 913,9cal

509. a) 837cal b) 18,6cal/°C

510. $5 \cdot 10^{5} cal$

511. 120cal

512. $0{,}2 \frac{cal}{g \cdot °C}$

513. ≈ 9,03°C

514. a) $0{,}030 \frac{cal}{g \cdot °C}$

b) 3cal/°C

515. $0{,}75 \frac{cal}{g \cdot °C}$

516. = 9,1min

517. $1{,}1 \cdot 10^{7} cal$ y $= 4{,}28 \cdot 10^{9} W$

518. $2{,}16 \cdot 10^{4} cal$

519. ≈ 1 000ℓ

520. Porque la masa de las chispas es muy pequeña; luego éstas tienen capacidad térmica muy pequeña
Por eso él no quema.

521. ≈ 22,18°C

522. $= 0{,}23 \frac{cal}{g \cdot °C}$

523. 50°C

524. 42cal/°C

525. $\approx 0{,}10 \frac{cal}{g \cdot °C}$

526. $0{,}639 \frac{cal}{g \cdot °C}$

527. 68°C

528. 9ℓ y 1ℓ

529. a) 50ℓ b) 250s

530. = 33,2°C

531. 16kcal

532. 32kcal

533. 80°C

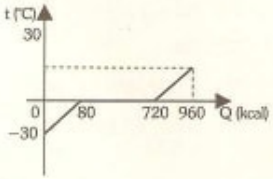
534. 46,23g

535. 22,5kcal

536. 4min

537. a) 960kcal

b)



538. 72,5kcal

539. = 481,3kcal

540. 65min

541. a) 200°C b) 2,5cal/g
c) $0{,}012 \frac{cal}{g \cdot °C}$ d) $= 0{,}037 \frac{cal}{g \cdot °C}$

542. = 1 094,1g

543. 5g

544. $= 0{,}03 \frac{cal}{g \cdot °C}$

545. ≈ 4,97°C

546. a) $0{,}20 \frac{cal}{g \cdot °C}$ b) 1 200cal

547. a) 0° b) 16°C

548. a) 20°C b) 2atm

549. 0,01atm

550. 5atm

551. 627°C

552. ≈ 1atm

553. a) 8ℓ b) 2atm

554. 600K

555. 3 200K

556. a) $\frac{500}{3}$ K

b) 1,8ℓ

Subido por Leazeel

557. $T_B = 720K$ y $T_C = 900K$

558. $\equiv 30{,}5\ell$

559. $22\,300m^3$

560. 1J

561. $-5J$

562. $6{,}05m^3$

563. $1{,}6 \cdot 10^6 J$

564. 100J

565. 3J

566. 4 328J

567. $3{,}79 \cdot 10^4 cm^3$

568. 900J

569. a) 80J b) 20J

570. 500cal

571. 40J

572. 500J

573. a) 150J y 120J b) 150J y 150J

574. a) cero; 10J; 5,25J y $-7J$
b) 8,25J c) = 1,96cal y cero

575. a) 500J c) 50%
b) 500J

576. 75%

577. 418W

578. $\approx 33{,}3\%$

579. 127°C

580. 93K

581. a) 327°C b) 2 000W

582. 420kW

583. 25%

584. a) Falsa, pues el rendimiento de la máquina es del 20%, cuando debería ser de 45%.
b) $50m^3$

585. 1,3h

586. $4{,}7304 \cdot 10^{16}m$

587. $2{,}459808 \cdot 10^{14}km$

588. $3\sqrt{3}m$

589. 28,8m

590. 0,5m

591. $3\,600cm^2$

592. $0{,}16mm^2$

593. 50m

594. = 133,3m

595. $20\sqrt{3}m$

596. 696 938km

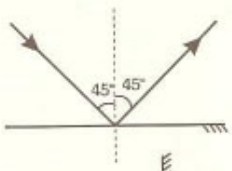
597. 32cm

598. 6m

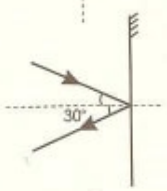
599. 4m

600. a) 15cm b) 3cm

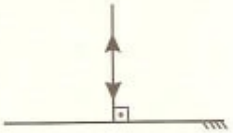
601. a)



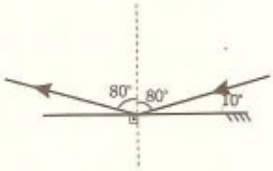
b)



c)



d)

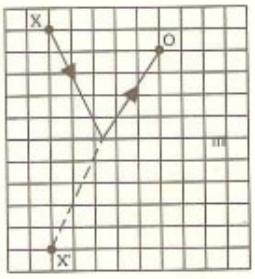


602. a) 65° c) 130°
b) 65°

603. $5\sqrt{3}m$

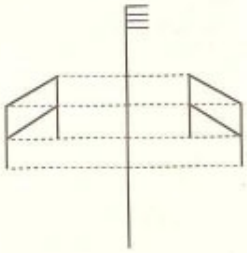
604. 60°

605.



606. B, C y D

607.



608. 2,10m

609. 96cm

610. 40cm

611. 2,4m/s

612. 27m

613. a) 45° b) $5\sqrt{2}m$

614. a) 0,90m b) 0,85m

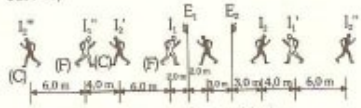
615. 1m

616. 5 imágenes

617. 36°

618. 72°

619. a)



b) Imagen I_1: F Imagen I_2': C
Imagen I_1'': F Imagen I_2'': C

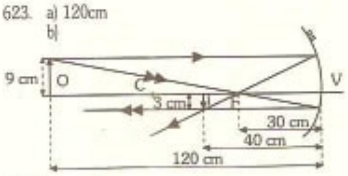
c) Las distancias entre las imágenes consecutivas son: I_1 I_2': 6,0m
I_2' I_1'': 4,0m
I_1'' I_2'': 6,0m

620. 30°

621. $i = 12cm$, $p' = -30cm$; virtual, derecha y mayor

622. a) $\frac{40}{3}$ cm b) $\frac{80}{3}$ cm
c) $-\frac{1}{2}$

623. a) 120cm
b)



624. a) $-\frac{1}{2}$ b) -1
c) 2

625. b) 40cm

626. a) cóncavo b) 3m

627. 20cm

628. a) cóncavo y $\frac{10}{11}$ m b) 10m

629. a) 11,25cm; invertida
b) 75cm c) 50cm

630. a) 96cm b) 19,2cm

631. a) virtuales derechas y menores
b) Ampliar el campo visual.
c) $-2{,}25m$ y $\frac{1}{4}$

632. a) $-12cm$ c) $\frac{2}{5}$
b) 2,4cm

Subido por Leazeel

633. −75cm

634. a) convexo b) − 18cm
c) 180cm

635. = 1,02m

636. a) Son derechas.
b) Son siempre menores.
c) No, pues son virtuales.

637. = 123 967km/s

638. 1,5

639. 3

640. $1{,}98 \cdot 10^8$m/s

641. a) 1,5 b) $\frac{6}{5}$
c) $\frac{5}{4}$

642. 187 500km/s

643. a) 60° b) 30°

644. $\sqrt{6}$

645. a) 30° b) 15°

646. $\sqrt{2}$

647. a) 30° b) $\frac{5\sqrt{3}}{3}$ cm

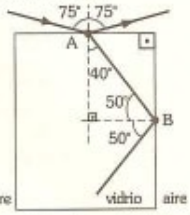
648. = 15°

649. a) 1,5m
b) Se tendrán 11 reflexiones y el intervalo de tiempo será de 10^{-8}s.

651. a) sólo reflexión b) 30°

652. $\frac{24\sqrt{7}}{7}$ m

653. a) reflexión y refracción
b)



654. Sí, pues, siendo el agua más refringente que el aire, la luz emanada del pez podrá alcanzar la superficie del agua bajo un ángulo de incidencia i mayor que el ángulo límite de refracción. En esa condición, la superficie del agua se comporta como un espejo.

655. a) 75cm b) 25cm

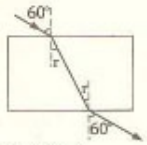
656. 180m

657. $\frac{400}{3}$ m

658. a) 6m b) 8m

659. $2\sqrt{3}$cm

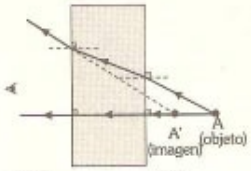
660. a)



b) 150 000km/s

661. 15cm

662.



663. a) 30° d) 90°
b) 15° e) 45°
c) 45° f) 60°

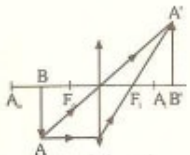
664. a) 60° b) 60°

665. a) 45° b) 15°

666. r = 45° y n = $\sqrt{2}$

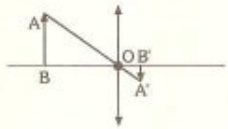
667. a) 60° b) $\frac{\sqrt{6}}{2}$

668. a)

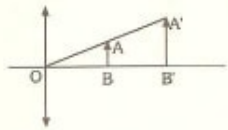


b)

669. I)



II)



670. a) −2,5cm y $-\frac{1}{4}$ b) −10cm y − 1
c) 20cm y 2

671. p' = 18cm e i = 8cm

672. p' = −12cm; i = 4,8cm; virtual y derecha

673. a) convergente b) 100cm

674. 12cm

675. 20cm

676. a) 2,5m b) $\frac{5}{12}$ m

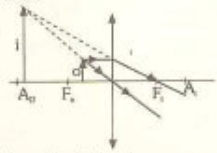
677. f = 16cm y p = 80cm

678. a) 90cm a la izquierda de la 1ª lente
b) 120cm

679. a) = 20cm
b) real, invertida y menor

680. a) convergente c) 7,5cm
b) 10cm

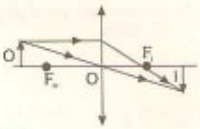
681. a)



b) 5cm, virtual y derecha

682. 15cm

683. a)



b) 2,60cm

684. 0,02mm

685. a) 1,25di b) − 10di

686. 2,5di

687. 250cm

688. 1,6

689. 12cm

690. 4,2di

691.

Basta verificar si hay el encaje perfecto de sus caras esféricas, como ilustra la figura.

692. 100N

693. 60m/s

694. 0,1s

695. 0,05m

696. = 2,83m

697. 0,2s

698. 4Hz y $\frac{1}{4}$ s

699. a) 10cm c) 19,2m/s
b) 0,32m

700. a) 2cm b) 12cm

701. a) 4m b) 80m/s

702. a) 6Hz b) Permanecen constantes.

703. 2s

704. 400Hz

705. 0,2m

706. 16cm

707. a) frecuencia y periodo
b) 20cm/s

708. 250m/s

709. a) 20Hz b) 22,5cm

710. a) 100m/s b) 50Hz

711. 2s

712. 68m

713. 2 900m

714. a) ≈ 4,31s
b) No será escuchado por el pescador, pues f = 24 500Hz.

715. 531,25Hz

716. a) 6 600Hz b) ≈ 314,3Hz

717. 306km/h, en lo mínimo

718. $4 \cdot 10^{13}$ electrones

719. 10^{13} electrones

720. $1,6 \cdot 10^{1}$C

721. $\frac{-Q}{8}$

722. 3μC

723. a) El permanecerá neutro.

b) Siendo el cuerpo humano buen conductor, conecta el cuerpo a la tierra.

c) La corriente permite el paso de las cargas que se acumulan en el camión, debido al rozamiento con el aire, para la tierra.

724. Considere el electroscopio cargado con una carga Q. Se aproxima al electroscopio un cuerpo con carga q de signo conocido. Si Q y q tuvieren el mismo signo, las hojas del electroscopio se alejarán, y, si tuvieren signos opuestos, ellas se aproximarán.

725. a) Al aproximarse la barra negativa al electroscopio, las cargas iguales descienden a las hojas. El electroscopio, aún neutro, queda polarizado, la parte superior con carga positiva y las hojas con carga negativa.
b) Al tocar con el dedo el electroscopio en su extremo superior, las cargas iguales a las de la barra fluyen por el dedo a la tierra. Retirándose el dedo, las hojas se alejan, pues el electroscopio está cargado positivamente por inducción.

726. 54N

727. $3 \cdot 10^{-4}$C

728. a) 90N b) 810N

729. 100cm

730. a) 0,2N b) 2,36N

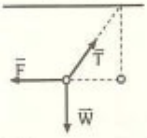
731. a) $3,0 \cdot 10^{-6}$N b) $2,4 \cdot 10^{-5}$N

732. $3,7 \cdot 10^{9}$N

733. a) $2,5 \cdot 10^{-2}$N
b) $5 \cdot 10^{-6}$C

734. a) Porque las bolitas adquieren cargas del mismo signo.
b) Antes: $Q_1 = 4 \cdot 10^{-9}$C; $Q_2 = 12 \cdot 10^{-9}$C
Después: $Q_1 = Q_2 = 4 \cdot 10^{-9}$C

735. a)



b) ≈ 1,15N

736. $3 \cdot 10^{6}$N/C; horizontal, de la izquierda a la derecha

737. 10N

738. $4 \cdot 10^{-4}$C

739. a) $1,125 \cdot 10^{6}$N/C, entrante
b) fuerza de atracción de intensidad 4,5N

740. a) $6 \cdot 10^{-6}$C c) $4,32 \cdot 10^{-5}$N
b) $2,16 \cdot 10^{9}$N/C

741. $1,4 \cdot 10^{9}$N/C

742. a) 1,44N/C b) paralelo a AB

743. $\frac{2}{3}$m a la derecha de A

744. ≈ 34,2N/C

745. $72\sqrt{2} \cdot 10^{9}$N/C

746. a) 6,4N c) $5,6 \cdot 10^{-4}$s
b) $-1,8 \cdot 10^{3}$m/s

747. a) vertical ascendente
b) $5,0 \cdot 10^{9}$N/C

748. 0,4m

749. $E_A = 0$; $E_B = 6,75 \cdot 10^{6}$N/C; $E_C = 1,5 \cdot 10^{9}$N/C

750. $8 \cdot 10^{-4}$C

751. $2 \cdot 10^{-5}$C

752. $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3$

753. $-1,08 \cdot 10^{9}$V

754. $V_A = 1,8 \cdot 10^{9}$V y $V_B = 6 \cdot 10^{8}$V

755. $9 \cdot 10^{-2}$J

756. a) 20J b) 2 000V

757. $-1,35 \cdot 10^{6}$V

758. $-4,5 \cdot 10^{9}$V

759. a) −30V b) − 30V

760. a) $V_A = 1,8 \cdot 10^{3}$V; $V_B = 9 \cdot 10^{2}$V
b) $9 \cdot 10^{-4}$J

761. a) $-5 \cdot 10^{-3}$J b) $5 \cdot 10^{-3}$J

762. a) − − 0,27J
b) Las dos cargas son positivas; luego, la fuerza entre ellas es de repulsión y el trabajo es negativo.

763. $4 \cdot 10^{3}$N/C

764. $2 \cdot 10^{-2}$J

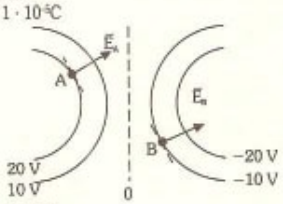
765. a) 120N c) $2,2 \cdot 10^{3}$m/s
b) $24 \cdot 10^{6}$m/s²

766. $1,6 \cdot 10^{-15}$N

767. $2 \cdot 10^{-6}$kg

768. a) Normal a la esfera de radio R_1 y dirigida hacia afuera.
b) 0,3J
c) $1 \cdot 10^{-5}$C

769. a)



b) $6 \cdot 10^{-3}$J

770. a) $-1,8 \cdot 10^{6}$V c) cero
b) $-9 \cdot 10^{8}$V

771. $2 \cdot 10^{-6}$C

772. a) 10^{23} electrones b) 10^{7} electrones

773. $4 \cdot 10^{-5}$C

774. $2 \cdot 10^{-11}$F

775. $Q'_A = 4 \cdot 10^{-6}$C; $Q'_B = 8 \cdot 10^{-6}$C

776. 3,2V

777. $Q'_A = 2\mu$C; $Q'_B = 6\mu$C

778. 360V y 120V

779. 5C

780. 62,5J

781. a) $5 \cdot 10^{-6}$C b) $1,25 \cdot 10^{-3}$J

782. $1 \cdot 10^{-3}$C

783. a) $1,76 \cdot 10^{-16}$F c) $3,52 \cdot 10^{-4}$J
b) $3,52 \cdot 10^{-7}$C

784. 10^{8} veces

785. $\frac{60}{11}\mu$F

786. $\frac{5}{4}\mu$F

787. a) $\frac{9}{4}\mu$F d) 8V
b) 18μC e) 72μJ
c) $U_1 = 6$V y $U_2 = 2$V

788. $2 \cdot 10^{-12}$F

789. 30μF

790. a) 5μF c) 1 000V
b) $2 \cdot 10^{-5}$C y $3 \cdot 10^{-3}$C

Subido por Leazeel

791. a) $\frac{3}{2}$ μF b) 40 μF

792. 10^{-2}J

793. $2,4 \cdot 10^{-4}$C

794. a) 5μF b) 64V

795. 600C

796. 8A

797. 78 125 000 electrones

798. ≈ 18h

799. 36C

800. $3,2 \cdot 10^{-11}$A

801. 32V

802. 22Ω

803. 10Ω y 8Ω

804. $1,7 \cdot 10^{-2}\Omega$

805. $4 \cdot 10^{-4}m^2$

806. 1,5Ω

807. 2

808. ≈ 0,87m

809. a) 18kW b) $6,48 \cdot 10^9$J

810. a) = 806,7Ω b) 15W

811. a) 10A c) 2,2m
b) 22 Ω

812. a) 0,18 unidades monetarias b) 11Ω

813. a) 2 100W b) = 23Ω

814. a) 2 800W b) = 5,1Ω

815. La llave funciona como un reóstato de puntos. Colocando la llave en "invierno", la longitud del resistor disminuye, aumentando la potencia y, consecuentemente, el agua quedará más cálida.

816. a) No, pues, duplicando la longitud, aumenta la resistencia y, como la ddp es la misma, la potencia disminuye, calentando menos el agua. Como sugerencia, él podría disminuir la longitud del hilo.
b) 2,2A y 1,70 unidades monetarias

817. a) 20A b) 11Ω y 11Ω

818. Es válido. Pero, si las nuevas lámparas tuvieron la misma potencia nominal de las lámparas anteriores, ella obtendrá una luminosidad reducida.

819. 27Ω

820. 180V y 5 400W
120V y 3 600W

821. 16Ω

822. a) 5A b) 10V; 7,5V y 2,5V

823. 10V

824. 27,5Ω

825. 960J

826. a) 3,2Ω b) 6Ω

827. 4Ω

828. a) 95A b) 50A, 25A y 20A

829. a) 600C b) 24W

830. a) $\frac{12}{13}\Omega$ c) 6A, 4A y 3A
b) 12V

831. a) 6 d) $3,4 \cdot 10^{-4}\Omega$

832. 2Ω y 4A

833. a) 2R (serie) y $\frac{R}{2}$ (paralelo)
b) 2R (serie) y $\frac{99R}{200}$ (paralelo)

834. 51 Ω

835. a) 6,25Ω c) 10Ω
b) 4 Ω

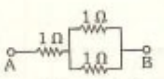
836. 3 Ω

837. a) 18Ω b) 4Ω

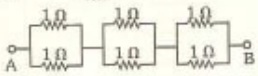
838. a) 6Ω d) $\frac{3}{2}\Omega$
b) 4Ω e) 10Ω
c) $\frac{3}{5}\Omega$

839. a) los tres en paralelo
b) los tres en serie
c) dos en paralelo
d) dos en paralelo y uno en serie

840. a)



b)



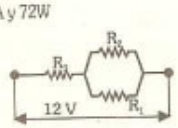
841. a) 60V b) 112W

842. 10Ω

843. a) 60W b) 27

844. 3A y 72W

845. a)



b) $R_1 = R_3 = 100\Omega$

846. 20V

847. a) 0,8A b) 6V

848. a) 56V b) 70V

849. 5A y 35V

850. 80Ω

851. a) 10Ω y 30Ω b) 40Ω c) 12V

852. 1,75Ω

853. 6Ω

854. $R_1 = 40\Omega$ y $R_2 = 90\Omega$

855. 15Ω

856. 1,6m y 0,4m

857. 270 Ω

858. a) 0,1A b) 11,9V

859. 480J

860. a) 40V c) 448W
b) 320W d) 128W

861. 1Ω y 40V

862. 2A y $\frac{AB}{2}$

863. a) = 0,27W b) ≈ 1,1W

864. a) 5Ω c) 20A
b) 100V d) 50V

865. 25V y 2,5Ω

866. a) 4A
b) 90%
c) 720W

867. a) 40V y 5Ω b) 12V y 3Ω

868. 12V y 0,4Ω

869. 32

870. 10V y $\frac{12}{13}\Omega$

871. a) 60V b) 5Ω

872. 3A

873. a) 516W
b) 36W
c) 93%

874. 5Ω

875. 56J

876. a) 5Ω y 10V b) 45W

877. 75% y = 66,6%

878. a) 10V b) −335V

879. a) 2A b) 4A

880. $i_1 = 0,1A$; $i_2 = 0,2A$ y $R = 100\Omega$

881. 0,12A; 0,26A y −0,14A

882. 4A, 10Ω y 52V

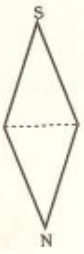
883. = 22Ω

884. $B_p = 4 \cdot 10^{-6}$T (perpendicular a la hoja y saliendo de ella)
$B_q = 8 \cdot 10^{-5}$T (perpendicular a la hoja y entrando en ella)

885. 8A

Subido por Leazel

886.



887. $\frac{B}{2}$

888. $2 \cdot 10^{-5}$T

889. $2{,}5 \cdot 10^{-7}$T

890. a) $16\pi \cdot 10^{-7}$T (perpendicular a la hoja y saliendo de ella)
b) $6\pi \cdot 10^{-6}$T (perpendicular a la hoja y entrando en ella)

891. $8\pi \cdot 10^{-4}$T

892. $4 \cdot 10^{-6}$T

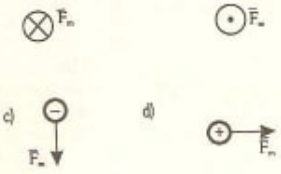
893. $\sqrt{2} \cdot \pi \cdot 10^{-7}$T

894. $\frac{i}{2}$ (antihorario)

895. $1{,}44\pi \cdot 10^{-4}$T; horizontal y de izquierda a derecha.

896. 25 espiras

897. a) b)

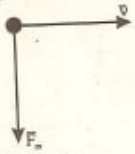


898. $4 \cdot 10^{-2}$N

899. 0,5m

900. 0,12N

901. a)



b) $9{,}6 \cdot 10^{-16}$N

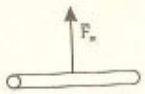
902. $1{,}6 \cdot 10^{6}$m/s

903. a) I es el electrón y II es el positrón.
b) A través de la regla de la mano izquierda.

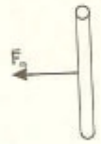
904. a) $1{,}6 \cdot 10^{-17}$N; dirección del eje x y sentido positivo de x.
b) Circular.
c) Nulo.

905. a) $7{,}04 \cdot 10^{-16}$N
b) Perpendicular.
c) Semicircunferencia.

906. a)



b)



c)

d)

907. a) cero b) $5 \cdot 10^{-2}$N

908. 5A

909. $3{,}2 \cdot 10^{-3}$N

910. a) 0,5kg
b) 10m/s² (vertical y hacia arriba)

911. a) 800Ω y 6,25A b) 12,5N

Respuestas de los tests

líneas \ columnas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		d	c	b	b	c	c	b	c	c
1	b	b	b	e	b	c	e	b	b	a
2	c	d	d	d	d	d	a	d	a	e
3	b	b	a	d	d	a	c	b	d	a
4	b	a	b	a	e	c	d	a	c	a
5	d	e	d	d	b	b	c	c	c	e
6	c	c	a	a	d	c	d	d	a	c
7	d	b	d	a	b	d	b	e	d	d
8	b	a	b	c	b	b	d	a	b	d
9	b	c	d	d	d	d	b	a	b	c
10	c	d	b	e	e	c	d	a	b	a
11	e	a	c	e	c	d	a	a	d	a
12	b	d	e	e	a	a	c	d	b	b
13	e	b	d	b	e	d	b	b	d	c
14	e	a	d	e	a	e	e	c	e	c
15	c	a	d	a	d	d	c	d	d	d
16	c	a	a	e	c	e	b	e	c	e
17	a	e	b	e	d	a	e	b	d	a
18	b	a	a	a	a	e	b	b	d	a
19	e	c	d	b	a	c	c	e	a	c
20	d	d	b	d	c	a	b	b	a	b
21	b	b	b	c	e	c	a	d	a	c
22	e	e	a	e	e	c	b	b	e	c
23	d	d	a	d	d	d	a	a	c	b
24	d	d	d	c	b	c	c	b	a	a
25	b	c	c	e	e	d	e	d	d	d
26	c	e	c	e	c	c	c	c	a	b
27	d	a	c	d	b	c	a	a	e	b
28	e	d	c	e	c	b	b	e	a	e
29	b	a	d	c	b	e	b	d	d	b
30	e	d	c	a	a	e	a	a	a	d
31	c	d	b	e	a	c	d	e	d	a
32	b	d	a	e	a	d	b	b	c	b
33	d	b	b	e	c	c	a	e	a	e
34	d	a	b	e	d	b	c	d	d	e
35	b	e	b	a	c	e	c	d	a	d
36	b	b	a	c	a	e	b	a	d	d
37	c	b	a	b	e	b				

Subido por Leazeel

Impresso nas oficinas da EDITORA FTD SA